NOUVELLES LETTRES

SUR LA CHIMIE

Paris. — Imp. de L. MARTINET, 2, rue Mignon.

NOUVELLES LETTRES

SUR

LA CHIMIE

considérée dans ses applications

A L'INDUSTRIE, A LA PHYSIOLOGIE ET A L'AGRICULTURE

PAR M. JUSTUS LIEBIG

ÉDITION FRANÇAISE PUBLIÉE

PAR M. CHARLES GERHARDT

PARIS

CHARPENTIER, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

19, RUE DE LILLE, FAUBOURG ST-GERMAIN.

1852

A

M. DUMAS,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS, ETC.

MON CHER DUMAS,

Depuis plus d'un quart de siècle, une destinée particulière imprime la même direction à nos efforts dans la science à laquelle nous avons consacré notre vie. Bien que les moyens d'arriver au but commun aient souvent été différents, nous nous sommes cependant toujours rencontrés, et nous nous sommes tendu la main au moment même de l'atteindre.

Non seulement votre pays, mais le monde scientifique entier reconnaît l'étendue, la profondeur, l'importance de vos travaux et de vos découvertes; personne, toutefois, n'apprécie mieux que moi les difficultés que votre génie a eu à surmonter pour parvenir aux résultats précieux qui forment en grande partie la base de notre science moderne. Vous n'êtes jamais descendu dans l'arène sans triompher des obstacles contre lesquels vous aviez à lutter.

Permettez-moi, en témoignage de ma haute estime pour les services que vous avez rendus à la science et au

monde, de vous dédier ce petit ouvrage, où j'ai essayé de populariser des doctrines auxquelles vous avez une si large part, en faisant connaître les applications les plus importantes que leur doit la chimie. Je considère votre suffrage comme la plus belle récompense que je puisse ambitionner.

J. LIEBIG.

Giessen, juin 1851.

TABLE DES MATIÈRES.

LETTRE XXX.

LETTRE XXXI.

LETTRE XXXII.

LETTRE XXXIII.

FIN DE LA TABLE.

NOUVELLES LETTRES

SUR LA CHIMIE

VINGT-SEPTIÈME LETTRE.

Formation des matières organiques par l'acide carbonique, l'eau et l'ammoniaque. Élimination de l'oxygène. — Combinaison des matières organiques par couples. Corps copulés. — Métamorphoses qu'éprouvent les substances organiques soustraites à l'influence de la force vitale. — Première impulsion donnée par l'oxygène de l'air. Propagation du mouvement moléculaire qui en résulte. — *Fermentation*, *putréfaction*. Nature des ferments. — Influence de la température sur la nature des produits de la fermentation. Influence des substances étrangères. — Cause de l'odeur et de la saveur des vins.

Le carbone contenu dans toutes les parties des plantes, et qui est introduit par elles dans l'économie animale, tire son origine de l'*acide carbonique ;* l'hydrogène de toutes les matières non azotées provient de l'*eau;* l'azote de toutes les substances azotées dérive de l'*ammoniaque*.

La molécule de l'acide carbonique est formée d'un groupe de trois atomes, dont un de carbone et deux

d'oxygène. Il n'est pas de partie végétale ou animale qui, pour un atome de carbone, renferme plus de deux atomes d'un autre élément ; et même la grande majorité des substances organiques contient moins de deux atomes.

Toutes les parties de l'organisme sont formées de molécules ou de groupes moléculaires d'acide carbonique plus ou moins modifié ; elles naissent, dans la plante vivante, de l'acide carbonique absorbé par les feuilles ou les racines, et décomposé par les rayons solaires. Ceux-ci éliminent l'oxygène de l'acide carbonique, pour le remplacer par une certaine quantité d'hydrogène ou d'azote et d'hydrogène.

Le sucre de raisin, par exemple, considéré sous la forme la plus simple, représente une molécule d'acide carbonique, dans laquelle un atome d'hydrogène remplace un atome d'oxygène. Le sucre de canne, la gomme, l'amidon, la cellulose (le principe chimique du tissu ligneux), peuvent être envisagés comme résultant de la réunion de plusieurs molécules de sucre de raisin dont un ou plusieurs atomes d'eau se seraient séparés.

La quinine, la caféine et les alcalis organiques en général renferment du carbone et les éléments de l'eau, associés à une certaine proportion d'azote. Les substances organiques les plus complexes, telles que l'albumine en dissolution dans les sucs végétaux et le caséum des graines végétales, renferment du soufre, en outre des quatre éléments contenus dans les alcalis organiques.

Les acides organiques si répandus dans les plantes, l'acide oxalique de l'oseille, l'acide malique et l'acide citrique des fruits aigres, présentent avec l'acide carbonique les mêmes rapports que le sucre de raisin. En effet, deux molécules d'acide carbonique peuvent produire l'acide oxalique en perdant un atome d'oxygène; deux molécules d'acide oxalique peuvent donner l'acide malique en fixant deux atomes d'hydrogène et en éliminant deux atomes d'oxygène. C'est de ces acides, sans doute, que naissent le sucre, la gomme, la cellulose; ils sont les intermédiaires de la transformation de l'acide carbonique en sucre et en combinaisons organiques plus complexes. Le sucre, en effet, renferme l'hydrogène et l'oxygène exactement dans les proportions de l'eau, et les acides en question contiennent, outre les éléments de l'eau, un certain excédant d'oxygène. Une nouvelle fixation d'hydrogène sur ces acides, avec ou sans élimination d'oxygène, peut donc tous les convertir en sucre. Les produits de ces métamorphoses ont des propriétés d'autant plus différentes de celles de l'acide carbonique qu'ils en sont plus éloignés par la composition : les acides organiques possèdent encore le caractère chimique de l'acide carbonique ; mais ce caractère n'existe plus dans l'amidon et la cellulose. En cristallisant, les particules de l'acide oxalique, de l'acide tartrique, de l'acide malique, de l'acide citrique, du sucre, se groupent dans une direction déterminée par une force inorganique ; mais, dans la formation de l'amidon et de la cellulose, une cause étrangère agit

concurremment avec la force de cohésion et modifie le sens de son attraction ; ce ne sont plus, en effet, des lignes droites ou des plans, mais des courbes qui terminent les molécules organiques complexes.

Le mode de formation de ces molécules complexes a été éclairci par les travaux des chimistes, dans ces dernières années.

On a découvert toute une série de composés, résultant de la combinaison de deux corps plus simples, et conservant le caractère chimique de l'un des corps constituants, contrairement aux lois de la chimie minérale, où, en général, les propriétés de deux corps se neutralisent entièrement par la combinaison.

Tout le monde connaît, par exemple, l'acide formique et l'essence d'amandes amères. Ces deux corps, en se combinant, produisent l'acide formo-benzoïlique, dont les propriétés sont entièrement semblables à celles de l'acide formique et n'ont aucun rapport avec celles de l'essence d'amandes amères. Dans cette combinaison, l'acide formique a conservé son caractère chimique, tandis que l'essence d'amandes amères a perdu le sien.

Les composés de ce genre, quoique produits par la combinaison de deux corps déjà eux-mêmes composés, jouent entièrement le rôle des combinaisons organiques plus simples, c'est-à-dire des combinaisons qu'on ne peut pas dédoubler et recomposer ensuite avec les produits de leur dédoublement. On les appelle *corps copulés*, et l'on désigne sous le nom de *copule* celle des

parties constituantes dont les propriétés disparaissent par la combinaison. D'après cette définition, l'essence d'amandes amères est donc la copule de l'acide formo-benzoïlique.

Il est probable que la plupart des combinaisons organiques complexes constituent de semblables corps copulés, et l'on compte, avec raison, dans cette classe, l'albumine, le caséum, les alcalis végétaux, bien qu'on n'en connaisse pas toujours avec certitude la copule.

En accouplant des composés azotés, comme l'acide prussique ou l'ammoniaque, avec des corps non azotés, ou même azotés, le chimiste parvient à produire des combinaisons ayant tous les caractères des acides azotés ou des matières colorantes azotées qu'on rencontre dans la nature. On trouve, par exemple, dans les asperges, dans les jeunes pousses des légumineuses et de beaucoup d'autres plantes, un principe immédiat, connu sous le nom d'asparagine : ce corps représente du malate d'ammoniaque, dont se sont séparés les éléments de l'eau ; or on peut, avec l'acide malique et l'ammoniaque, produire artificiellement l'acide aspartique, qui dérive de l'asparagine.

En fixant de l'ammoniaque sur l'orcine incolore et cristallisée, en présence de l'oxygène, on obtient une magnifique matière colorante rouge, l'orcéine.

Enfin, on peut, d'après les belles expériences de MM. Wurtz et Hoffmann, enlever successivement les trois atomes d'hydrogène de l'ammoniaque, et les remplacer par des groupes organiques complexes, de manière à

produire des combinaisons ayant tous les caractères chimiques de l'ammoniaque. L'ammoniaque neutralise les acides et donne des sels ; les produits de substitution de l'ammoniaque sont des alcalis organiques entièrement semblables à la quinine et à la morphine.

Tout le monde sait que les êtres organisés éprouvent, par la mort, une transformation ayant pour effet de faire disparaître peu à peu du sol la matière dont ils se composent. L'arbre le plus robuste, une fois abattu et exposé à l'action de l'atmosphère, finit, au bout de trente-six à quarante ans, par ne laisser que son écorce. Les feuilles, les jeunes pousses, la paille portée sur les champs comme fumier, les fruits savoureux, disparaissent encore plus rapidement ; mais ce sont surtout les parties animales qui éprouvent cette métamorphose dans le temps le plus court ; elles se répandent dans l'air à l'état de gaz, et finissent par ne laisser que les parties minérales venant de la terre.

Ce grand phénomène de dissolution s'accomplit dans les êtres organisés aussitôt que la mort arrête l'action des causes variées sous l'influence desquelles les combinaisons qui les composent s'étaient formées. Les produits de l'économie végétale et animale éprouvent, par l'action de l'air et de l'eau, une série de métamorphoses, dont la dernière a pour résultat la transformation de leur carbone en acide carbonique, de leur l'hydrogène en eau, de leur azote en ammoniaque, de leur soufre en acide sulfurique.

Par l'effet des réactions chimiques qui sont les conséquences de la mort, les éléments des corps organiques reprennent donc la forme primitive sous laquelle ils peuvent servir d'aliments à une nouvelle génération. Les éléments venus de l'air retournent à l'atmosphère ; les éléments fournis par la terre rentrent dans le sol. La mort, la dissolution d'une génération entière devient ainsi la source de la vie d'une génération nouvelle.

Le même atome de carbone qui, comme élément de la fibre du cœur d'un homme, met en mouvement le sang de ses veines, ce même atome a peut-être fait partie du cœur d'un de ses ancêtres. L'atome d'azote de notre cerveau a peut-être appartenu au cerveau d'un Égyptien ou d'un Nègre.

De même que la génération actuelle puise les aliments nécessaires au développement de son intelligence dans les produits intellectuels de ses aïeux, de même notre organisme trouve les éléments matériels indispensables à son alimentation physique dans les cadavres des générations antérieures.

La cause prochaine des transformations chimiques qu'éprouvent les êtres organisés, après la mort, c'est l'action exercée par l'oxygène de l'air sur leurs parties constituantes. Cette action ne s'effectue que dans certaines conditions de température et en présence de l'eau ; elle est entravée par le grand froid et par la chaleur de l'eau bouillante ; elle s'observe très bien dans les fruits, et en général dans les parties végétales

molles, lorsqu'une lésion, pratiquée à la surface, vient mettre le suc qu'elles contiennent en contact avec l'air.

Lorsqu'on écrase une pomme, la réaction chimique commence à la partie lésée ; il se produit une tache brune dont le cercle s'étend concentriquement et d'une manière régulière, jusqu'à ce que toute la pomme soit pourrie et convertie en une masse brune, molle et pâteuse. Le jus de raisin, tant qu'il est préservé du contact de l'air par la peau du grain, n'éprouve aucune altération sensible ; le grain ne fait que se dessécher ; mais une légère lésion suffit pour altérer promptement le jus. Quand on coupe une pomme de terre ou une betterave, on voit en peu de minutes brunir la face mise à nu par le couteau.

Les sécrétions animales se comportent entièrement comme les sucs végétaux. A l'état de santé, le lait dans le pis de la vache, l'urine dans la vessie, n'éprouvent aucune altération ; mais, au contact de l'air, le lait se caille et dépose du fromage sous la forme d'une masse gélatineuse, sans dégager du gaz ; l'urine, d'acide qu'elle était d'abord, devient alcaline, et, si l'on y ajoute ensuite un acide, elle produit une effervescence d'acide carbonique.

Une semblable décomposition s'opère, après la mort, dans le corps de l'homme et dans celui des animaux ; elle commence dans les parties intérieures, par celles qui se trouvent, comme le poumon, en contact immédiat avec l'air ; elle s'établit de préférence, chez les blessés, dans la blessure, chez les malades, en général, dans

la partie affectée. La mort n'est donc, dans beaucoup de cas, que la conséquence d'une semblable réaction chimique dans les parties internes. Cette réaction commence avec la maladie dont elle est la cause prochaine, et se poursuit après la mort.

Ce qu'il y a de plus remarquable, dans la plupart de ces phénomènes, c'est la continuation de la décomposition chimique dans les substances mises complétement à l'abri de l'oxygène, après un premier contact de l'air. En effet, le moût de raisin continue de fermenter dans les tonneaux les mieux clos ; le vin de Champagne fait souvent éclater les bouteilles les plus résistantes ; le lait se caille et s'aigrit dans les vases les mieux scellés.

Le contact de l'oxygène donne évidemment lieu à une réaction chimique qui modifie complétement les propriétés des matières organiques. Ce changement de propriétés est une conséquence d'un changement de composition. Avant le contact de l'oxygène, les parties constituantes de ces matières se trouvent dans une disposition moléculaire qui les empêche de réagir ; l'accès de l'oxygène, à une seule molécule, suffit pour rompre l'équilibre de tout le système, pour déterminer des groupements nouveaux ; car, comme le prouve la continuation de la réaction, même en l'absence de l'oxygène, l'état de décomposition de cette seule molécule se communique peu à peu à toutes les autres. On a donné le nom de *putréfaction* à la réaction chimique qui s'établit dans une molécule organique par l'effet

d'une cause extérieure, et qui s'étend, avec ou sans le concours de cette cause, aux autres molécules de la même matière. Une substance putrescible se distingue donc d'un corps non susceptible de se putréfier en ce qu'elle peut se décomposer, par l'intermédiaire seul de l'eau et d'une température convenable, en une série de composés nouveaux, tandis que le corps non putrescible n'éprouve pas d'altération dans les mêmes circonstances.

Il n'existe dans la nature qu'un très petit nombre de substances putrescibles dans le sens de cette définition; mais ces substances sont répandues partout et entrent dans la composition de tous les êtres organisés. Il faut surtout citer, sous ce rapport, les substances végétales et animales si complexes qui renferment de l'azote et du soufre.

Placés dans les mêmes conditions que ces substances complexes, l'urée, le sucre, la lactine, l'asparagine, l'amygdaline, les différents acides organiques, n'éprouvent aucune altération sensible, s'ils sont à l'état de pureté. Une solution de sucre de canne ou de lait, abandonnée à l'air, par une douce chaleur, ne fait que se dessécher, ou déposer des cristaux, sans que les propriétés du sucre en soient altérées.

Les sucs végétaux et les sécrétions animales, comme le jus de raisin, le lait, la bile, l'urine, contiennent deux espèces de substances, différentes sous le double rapport de leurs propriétés et de leur composition :

les unes sont putrescibles, les autres sont incapables d'éprouver seules une semblable métamorphose. Dans la décomposition des liquides organiques abandonnés à eux-mêmes, on constate ce fait remarquable, que les deux espèces de substances disparaissent en même temps : on voit donc se métamorphoser à la fois la partie putrescible, et les parties imputrescibles, qui, sans la présence de la première, se fussent conservées sans altération.

Lorsqu'on laisse se putréfier du fromage, de la fibrine, du sang ou du mucus, et qu'on y ajoute de l'eau sucrée, du sucre de lait, de l'urée, etc., ces dernières matières fermentent aussi, c'est-à-dire, se décomposent.

Ces faits démontrent que les substances putrescibles ont pour effet de déterminer la métamorphose d'un grand nombre de corps azotés ou non azotés, non putrescibles par eux-mêmes, lorsque ceux-ci sont mis en contact avec elles, au moment où elles se putréfient. Il est aisé, d'après cela, de saisir la différence qui existe entre la *fermentation* et la *putréfaction*.

Toutes les matières imputrescibles sont dites *fermentescibles*, lorsqu'elles possèdent la propriété de se décomposer par le contact d'un corps en putréfaction : la décomposition qu'elles éprouvent s'appelle *fermentation;* le corps en putréfaction qui la détermine, est le *ferment*.

Tous les corps susceptibles de se putréfier deviennent, en se putréfiant, des ferments, c'est-à-dire qu'ils acquièrent, dans cet état, la faculté d'exciter la fer-

mentation dans un corps fermentescible ; et ces ferments conservent leur efficacité jusqu'à ce que la putréfaction soit arrivée chez eux à son terme.

Les transformations qu'éprouvent les matières en fermentation consistent en ce qu'une molécule très complexe se dédouble en deux ou en plusieurs molécules plus simples. Les trente-six atomes simples du sucre se scindent en quatre molécules d'acide carbonique qui renferment douze, et en deux molécules d'alcool qui contiennent vingt-quatre atomes simples. Quand le lait s'aigrit, la molécule de sucre se dédouble en deux molécules d'acide lactique, contenant ensemble le même nombre d'éléments. Or, puisque le sucre de lait, pour se convertir en acide lactique, n'absorbe aucun élément étranger, et n'élimine aucun de ses propres éléments, le changement de propriétés que sa molécule éprouve par cette métamorphose provient évidemment d'un changement dans l'arrangement des atomes. Les atomes sont donc autrement groupés dans l'acide lactique que dans le sucre de lait. Pour se disposer ainsi dans un ordre nouveau, les atomes du sucre de lait ont dû évidemment se mettre en mouvement.

Comme les substances putrescibles exercent une action sur les molécules organiques complexes, qui, seules, ne sont pas susceptibles de se putréfier ; comme cette action est la conséquence d'une perturbation moléculaire se communiquant des premières aux secondes, on en conclut que les atomes des substances fermentes-

cibles se comportent, au contact d'une substance putrescible, comme si leurs éléments faisaient partie de la constitution de cette dernière. Le mouvement établi dans les atomes du ferment se communique donc aux atomes du corps fermentescible; le changement de position qui s'opère dans les atomes du ferment entraîne donc un changement semblable dans les atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène du corps non putrescible.

On s'explique ainsi pourquoi ces réactions ont un commencement, une certaine durée, une fin, ce qui les distingue tant des réactions chimiques ordinaires. Lorsqu'on ajoute de l'acide sulfurique à un sel de baryte, la décomposition s'effectue immédiatement dans tous les points où la baryte rencontre l'acide sulfurique; aussitôt commencée, la réaction est accomplie, et les éléments du sulfate de baryte, ainsi produit, n'exercent plus aucune action. Il n'en est pas ainsi d'un corps en putréfaction. Celui-ci subit une série de métamorphoses, et présente une certaine activité à chaque phase de sa décomposition.

Dès que les éléments du sucre contenu dans le jus de raisin ou dans le moût de bière ont éprouvé un dédoublement ou un changement moléculaire, ils cessent de se décomposer davantage, tandis que la métamorphose continue dans les substances, à la fois sulfurées et azotées, déposées sous forme de levûre. Qu'on retire la levûre du liquide fermenté et qu'on la mette en contact avec de nouvelle eau sucrée, celle-ci éprouvera la même métamorphose que les molécules saccha-

rines du jus de raisin ou du moût de bière; la levûre, en effet, conserve son activité jusqu'à ce que sa propre métamorphose soit accomplie, et que ses éléments se soient de nouveau mis en équilibre d'attraction. Si, à ce moment, la liqueur renferme encore des parties saccharines, celles-ci resteront indécomposées.

Le temps exigé pour la métamorphose du corps fermentescible dépend de la quantité de ferment mise en contact avec lui: une quantité de ferment double ou triple abrége ce temps ou décompose une plus grande quantité du corps fermentescible.

Dans un vase rempli d'eau sucrée, où l'on a placé une cloison de papier buvard perméable seulement aux particules saccharines, mais non aux globules de la levûre, la fermentation alcoolique ne s'effectue que dans le compartiment où la levûre et le sucre se touchent.

L'action que les ferments exercent sur les corps fermentescibles est semblable à celle que les matières organiques subissent sous l'influence de la chaleur. La composition ignée est toujours le résultat d'un changement moléculaire. La chaleur détermine une dilatation, une augmentation de volume; elle commence par affecter l'agrégation des atomes dans les groupes moléculaires. Lorsqu'on chauffe un cristal de sucre, les molécules saccharines s'éloignent d'abord les unes des autres, puis, à une température plus élevée, les éléments de ces molécules tendent eux-mêmes à se séparer. La chaleur trouble donc d'abord l'équilibre d'attraction qui existe entre les molécules; l'état gazeux et l'état li-

quide sont de nouveaux états d'équilibre entre le calorique et la cohésion. Une chaleur élevée décompose les matières organiques ; les produits de la décomposition sont stables à la température de leur formation, mais une température plus élevée encore les décompose à leur tour. A chaque degré de température correspond un état d'équilibre particulier entre le calorique et la force chimique qui maintient en combinaison les atomes organiques.

Quelque fin que nous le broyions, nous ne pouvons pas liquéfier un morceau de sucre ; nous pouvons encore moins en décomposer une molécule pour en détacher un atome de carbone ou d'hydrogène. Nous pouvons, en agitant de l'eau sucrée, faire rouler les unes sur les autres les molécules de sucre et les molécules d'eau, mais les éléments de ces molécules ne se disposeront pas pour cela dans un autre ordre.

Dans la putréfaction et dans la fermentation, ce ne sont pas les groupes de molécules, mais les atomes contenus dans ces molécules qui s'arrangent différemment. C'est ce mouvement intrinsèque dans les corps en putréfaction qui provoque le nouvel arrangement moléculaire dans les corps fermentescibles, lorsque la force qui maintient leurs éléments en combinaison est plus faible que l'action qui tend à les séparer.

L'influence de la température sur les produits de la fermentation est très remarquable. En fermentant à la température ordinaire, le suc très sucré des carottes,

des betteraves, des oignons, donne les mêmes produits que le jus de raisin ; mais, à une température élevée, la réaction est bien différente : dans ce dernier cas, le dégagement de gaz est bien moins sensible et l'on n'obtient pas d'alcool. Si l'on examine le liquide quand la fermentation a cessé, on n'y trouve plus de sucre; mais, à sa place, une grande quantité d'acide lactique, ainsi qu'un corps analogue à la gomme arabique, et une substance cristallisable identique avec le principe essentiel de la manne.

L'alcool et l'acide carbonique sont les produits de la métamorphose des molécules saccharines à la température ordinaire ; l'acide carbonique, l'hydrogène, la mannite, l'acide lactique, la gomme, sont les produits de la fermentation du sucre à une température élevée.

Lorsque le sucre de lait se convertit en acide lactique, c'est aussi en fermentant à la température ordinaire. Entre 24 degrés et 36 degrés, le fromage contenu dans le lait acquiert les propriétés de la levûre commune, et le sucre éprouve alors, à cette température, deux métamorphoses successives : d'abord il se convertit en sucre de raisin, puis ce produit se dédouble, par le contact du fromage, en alcool et en acide carbonique. A la température ordinaire, le lait fermente donc sans dégager de gaz, et donne lieu à de l'acide lactique ; si on le fait fermenter à une température plus élevée, on obtient un liquide spiritueux qui donne à la distillation de véritable eau-de-vie.

Il n'y a évidemment de fermentescibles que les substances dont les éléments, très mobiles, ne sont que faiblement maintenus en combinaison. S'il est vrai, d'un autre côté, que le ferment détermine la métamorphose des corps fermentescibles par l'effet du mouvement moléculaire de ses propres éléments, il est certain aussi que les atomes des corps fermentescibles doivent opposer une certaine résistance à l'action du ferment, et que cette résistance a besoin d'être surmontée si les atomes des corps fermentescibles doivent être mis en mouvement. Quelque faible qu'on imagine cette résistance, elle représente toujours une force ayant une influence rétroactive sur les atomes du ferment lui-même et tendant à modifier le nouveau groupement qu'ils sont en voie de former. D'après cela, un corps en putréfaction doit nécessairement donner d'autres produits en se décomposant seul qu'en se métamorphosant au contact d'une substance qu'il détermine à fermenter.

En effet, en ajoutant de l'eau sucrée à du fromage, ou à du sang en putréfaction, on remarque une diminution de l'odeur fétide ; les produits auxquels cette odeur est propre disparaissent donc pendant la fermentation du sucre ajouté.

On conçoit aussi qu'un corps fermentescible puisse perdre cette propriété, si l'on accroît la résistance opposée par ses molécules à l'action du ferment, ou qu'on augmente la force qui maintient en combinaison les éléments du ferment. Il existe, en effet, un grand

nombre de corps qui contrarient, qui entravent la putréfaction et la fermentation ; l'efficacité de ces agents antiseptiques provient très souvent de la propriété qu'ils possèdent de former avec le ferment une combinaison chimique. C'est que la présence d'un semblable corps ayant de l'affinité pour le ferment a pour effet de faire persister davantage les éléments du ferment dans leur arrangement primitif, puisqu'à la force qui les maintient en combinaison vient s'ajouter une nouvelle force d'attraction qui a également besoin d'être vaincue pour que les éléments du ferment puissent changer de position.

A ces agents antiseptiques appartiennent tous les corps exerçant une action chimique sur le ferment, tels que les alcalis, les acides minéraux, les acides végétaux concentrés, les huiles essentielles, l'alcool, le sel marin. Les plus actifs d'entre eux sont l'acide sulfureux et certains sels métalliques, surtout à base de mercure, capables de se combiner chimiquement avec les substances putrescibles. L'acide arsénieux n'empêche pas la putréfaction du sang ni la fermentation ordinaire du sucre, mais il arrête entièrement la putréfaction de la peau et des tissus qui donnent la gélatine.

Beaucoup d'acides organiques, qui seuls ne sont pas susceptibles de fermenter, acquièrent cette propriété lorsqu'ils sont combinés avec la chaux. Ainsi le malate de chaux, auquel on a ajouté de la levûre, fermente aussi aisément que l'eau sucrée : à une basse tempéra-

ture, il se dégage de l'acide carbonique pur, et le malate se convertit en succinate, acétate et carbonate de chaux ; à une température élevée, il se développe du gaz hydrogène pur, et l'on obtient une grande quantité d'acide butyrique. De même, le lactate de chaux, en contact avec du fromage pourri, donne de l'acide carbonique, du gaz hydrogène, de l'acide butyrique et de la mannite ; le tartrate de chaux fournit de l'acide carbonique, de l'acide propionique (métacétique) et de l'acide acétique.

Les acides neutralisés par la chaux n'exercent plus une action chimique sur le ferment, et le liquide conserve sa neutralité pendant la décomposition, parce que la chaux, devenue libre par suite de la formation d'un acide organique plus complexe ou d'une capacité de saturation moindre, se précipite à l'état de carbonate de chaux insoluble.

Les ferments contenus dans le jus de raisin et dans les autres sucs végétaux constituent des matières dont la composition est semblable à celle du sang ou à celle du caséum du lait. On peut, à l'aide du fumier animal, augmenter la quantité de ces matières actives, par exemple dans la vigne. La bouse (l'urine) de vache est riche en carbonates alcalins, lesquels influent sur l'augmentation du sucre ; les excréments de l'homme, au contraire, ne renferment que des phosphates alcalins, et ils agissent efficacement sur la production des principes du sang, et conséquemment sur celle des sub-

stances, comme les ferments végétaux, ayant une composition semblable.

Nous pouvons donc, par une culture bien entendue, par un choix convenable de fumier, exercer une influence bien décidée sur la qualité du moût de raisin. Quand il est chargé de substances azotées, semblables aux principes du sang, nous pouvons l'améliorer en y ajoutant du sucre, produit dans l'organisme d'une autre plante, ou bien encore, ce qui revient au même, en ajoutant aux raisins de nos climats, quand ils n'ont pas mûri, des raisins secs ayant atteint la maturité et provenant des pays méridionaux. Au point de vue scientifique, ce sont là de véritables améliorations qui ne portent aucun caractère de fraude.

Dans toutes les fermentations, on voit varier la nature des produits, soit par l'effet d'un changement de température, soit par celui de la présence d'autres matières qui viennent prendre part à la métamorphose. Ainsi, le même jus de raisin, en fermentant à des températures différentes, donne des vins de qualités bien diverses, suivant que la température de l'air, au moment des vendanges, est basse ou élevée; la profondeur, la température des caves, pendant la fermentation, fait aussi varier la qualité, l'odeur et la saveur des vins.

Un local dont la température reste constante, une fermentation lente et régulière, non tumultueuse, voilà les conditions les plus favorables à la production d'un bon vin, et dont l'homme peut disposer à son gré. Il faudrait faire fermenter le vin dans des caves profondes

qui conviennent si bien à la fermentation des bonnes sortes de bière ; les avantages de ces caves tiennent principalement à leur température constante, et je suis persuadé qu'elles conviendraient aussi à la fermentation des vins.

L'influence des substances étrangères sur la fermentation est surtout évidente dans le moût de pomme de terre. On sait qu'il fournit, par la distillation, outre l'alcool, un liquide huileux, vénéneux, d'une odeur et d'un goût repoussants. Cette huile, dite de pomme de terre (*fuselœl* des Allemands), n'est pas toute formée dans ce tubercule; c'est un produit de la métamorphose du sucre. Ce produit se forme aussi dans la fermentation des sirops provenant de la fabrication du sucre de betterave. Il appartient, sous le rapport des caractères chimiques, à la même catégorie que l'alcool ; il représente les éléments de l'alcool dont se seraient séparés les éléments de l'eau. Deux atomes d'huile de pomme de terre se produisent par la réunion de cinq atomes d'alcool, éliminant six atomes d'eau.

Cette production de l'huile de pomme de terre, si abondante qu'on l'emploie à l'éclairage dans certaines distilleries, n'a jamais lieu dans les liquides fermentescents qui contiennent de l'acide lactique, de la crème de tartre, de l'acide citrique, ou certaines substances amères, comme le houblon. Elle s'effectue de préférence dans les liquides alcalins ou neutres, ou dans ceux qui contiennent de l'acide acétique ou lactique, et l'on peut l'empêcher en grande partie par l'addition du tartre.

L'odeur et la saveur des vins proviennent toujours de combinaisons particulières produites pendant la fermentation. Les vins vieux du Rhin renferment de l'éther acétique ; quelquefois on y trouve de petites quantités d'éther butyrique, auxquelles ils doivent une odeur et un goût agréables, rappelant le vieux rhum de la Jamaïque. Ils renferment tous de l'éther œnanthique, qui leur communique l'odeur vineuse. Ces combinaisons se produisent, soit pendant la fermentation, soit pendant que le vin repose, par l'action des acides qu'il contient sur l'alcool. L'acide œnanthique paraît se former pendant la fermentation, du moins on n'en a pas encore trouvé dans les raisins.

Les acides libres contenus dans le jus de raisin en fermentation prennent donc une part très active dans la production des substances odorantes. Les vins du Midi, préparés avec un fruit bien mûr, renferment du tartre, mais il ne s'y trouve pas des acides organiques libres ; ils ont à peine l'odeur particulière aux autres vins, et ne sauraient, sous le rapport du bouquet, soutenir aucune comparaison avec les vins fins de France ou du Rhin.

VINGT-HUITIÈME LETTRE.

Phénomènes de l'économie vivante ayant des rapports avec la fermentation et la putréfaction. — Transmission de ces états de décomposition dans les matières qui constituent l'organisme. — Miasmes, principes contagieux. — Végétaux et animalcules produits dans la fermentation et la putréfaction. — Examen microscopique et chimique de la levûre de bière et de la lie de vin. — Théorie des parasites. Gale, muscardine des vers à soie. — Maladies contagieuses (1).

Lorsqu'on considère les phénomènes de l'économie vivante, il semble qu'une foule d'effets attribués par l'habitude à des activités vitales particulières soient dus aux mêmes causes que la fermentation et la putréfaction. Les relations entre ces deux ordres de faits ont déjà été signalées par les savants, il y a plusieurs siècles, et un grand nombre de médecins envisagent encore aujourd'hui certaines manifestations vitales comme les causes de la fermentation et de la putréfaction.

J'ai démontré, dans les lettres précédentes, que les matières qui forment la partie essentielle du corps des animaux, l'albumine, la fibrine, les membranes, la peau, le fromage, que ces matières en putréfaction

(1) Cette lettre est une addition à la seizième lettre, où le même sujet a reçu les premiers développements. C. G.

exercent une action chimique particulière sur les substances en contact avec elles. J'ai aussi mis en évidence la nature variable des produits de cette métamorphose, suivant l'état de décomposition du ferment.

Or, puisque les changements moléculaires des substances animales sont capables, *en dehors du corps*, d'influencer une foule de substances organiques en contact avec elles, au point de leur faire subir des métamorphoses ; puisque, d'un autre côté, *toutes les matières faisant partie des aliments de l'homme et des animaux* appartiennent à cette classe de substances fermentescibles, on ne saurait douter que la cause déterminante de ces métamorphoses ne joue aussi un rôle important dans les fonctions vitales et ne concoure puissamment à la transformation des aliments en graisse ou en parties d'organes, ou à la production des sécrétions, du lait, de l'urine. En effet, il s'effectue constamment des transmutations organiques dans toutes les parties de l'économie ; l'albumine, la fibrine, les membranes, toutes les matières enfin dont se composent les organes, se transforment en de nouveaux produits et prennent de nouveaux arrangements moléculaires. On est conduit à admettre, par analogie, que ces métamorphoses, partout où elles s'opèrent, et suivant leur direction, leur intensité, déterminent des métamorphoses parallèles dans les parties du sang et des aliments qui se trouvent en contact avec les matières subissant les premières métamorphoses. Les transmutations continues des organes sont donc une des causes

principales des métamorphoses qu'éprouvent les aliments dans l'économie. Une autre conséquence importante découle des faits précédents, c'est que tous les changements déterminés par une cause morbide quelconque dans le mode de transmutation d'un organe, d'une glande, ont aussi pour effet de modifier l'action de cet organe ou de cette glande sur le sang qui y arrive, et par conséquent la nature de la sécrétion qui s'y produit ; que l'efficacité d'une foule de médicaments doit donc être attribuée à la part qu'ils prennent aux transmutations de l'économie, et que l'influence de ces médicaments sur la qualité du sang consiste en ce qu'ils modifient, accélèrent, ralentissent ou arrêtent l'activité particulière des organes.

Depuis qu'on a reconnu la véritable cause de l'origine et de la transmission de la putréfaction, dans les molécules organiques complexes, la question relative à la nature des miasmes et des principes contagieux est aussi devenue très facile à résoudre. Cette question se réduit à ceci : Y a-t-il des faits qui démontrent que certains états de décomposition ou de putréfaction d'une matière peuvent se communiquer, dans l'économie, aux parties constituantes des organes vivants ; que, par leur contact avec un corps en putréfaction, ces parties sont mises dans un état semblable à celui où se trouve le corps putrescent? A la question ainsi posée il faut répondre d'une manière affirmative.

Ne sait-on pas, en effet, que dans les salles de dissection, les cadavres éprouvent souvent une décom-

position qui se communique au sang du corps vivant ; qu'une légère blessure faite avec le scalpel occasionne quelquefois des accidents mortels (1)? M. Magendie cite des cas (et ils n'ont pas été contestés) où l'application, sur une blessure récente, de matières putréfiées telles que du sang, de la cervelle, de la bile, du pus, a déterminé des vomissements, de la lassitude, et, au bout d'un certain temps, la mort.

N'est-il pas aussi avéré que l'usage de viande, de jambon, de saucisson ou d'autres aliments en décomposition, cause quelquefois des maladies très graves et même mortelles?

Tous ces faits démontrent, à mon sens, qu'une substance animale en état de décomposition peut provoquer des maladies chez l'homme en état de santé. Or, comme les produits morbides ne sont autre chose que des parties de l'organisme qui se trouvent dans un état anormal de décomposition, il est clair qu'ils peuvent, tant que leur métamorphose n'est pas achevée, communiquer la maladie à un second, à un troisième individu.

Si l'on considère, en outre, que toutes les substances qui s'opposent à la transmission des contagions et des miasmes sont en même temps celles qui arrêtent la putréfaction et la fermentation; que, par exemple, les matières empyreumatiques, comme le vinaigre de bois, fort efficaces contre la putréfaction, sont aussi d'un

(1) Les cas ne sont pas rares où ces terribles empoisonnements entraînent la mort. Tout récemment encore les docteurs Kolletschka, de Vienne, et Bender, de Francfort, en ont été victimes.

effet très salutaire pour la guérison des plaies purulentes; que dans une foule d'affections contagieuses, surtout dans le typhus, l'air où respirent les malades renferme de l'ammoniaque libre, tandis que leur urine et leurs fèces contiennent du phosphate ammoniaco-magnésien, on ne saurait, en présence de tous ces faits, conserver le moindre doute sur la manière dont une foule de maladies contagieuses prennent naissance et se transmettent.

N'oublions pas, enfin, qu'il est parfaitement démontré par l'expérience « que les maladies épidémiques sont très souvent provoquées par la putréfaction de grandes quantités de substances animales et végétales; que les maladies causées par les miasmes sont épidémiques là où se décomposent continuellement des débris organiques, dans les contrées humides et marécageuses, ou sujettes aux inondations, ainsi que dans les endroits peu aérés où sont encombrés beaucoup d'hommes, dans les navires, les prisons, les places assiégées. » (Henle.) — On peut toujours prédire avec certitude l'invasion des maladies épidémiques dans les plaines marécageuses ou dans les contrées longtemps inondées que de fortes chaleurs viennent dessécher.

Les faits que nous venons d'exposer autorisent naturellement à considérer comme la cause prochaine de la maladie l'état particulier des matières organiques en décomposition, dans tous les cas où un phénomène de putréfaction précède la maladie, ou bien où la maladie peut se propager par des produits so-

lides, liquides ou gazeux, et où l'on ne constate pas d'autre cause plus directe.

Les médecins instruits et observateurs savent depuis longtemps que la différence qui existe entre une nourriture saine et une mauvaise nourriture, source de maladies, ne tient pas à la nature, mais à la qualité, à un certain état de la substance alimentaire; que la mauvaise qualité de la viande, par exemple, peut provenir de l'état de maladie de l'animal qui l'a fournie. Ils connaissent aussi les effets salutaires qu'on obtient souvent, dans les chambres des malades, par une ventilation convenable, ou par l'évaporation de petites quantités d'acide nitrique (et non de chlore dont les effets sont le plus souvent fâcheux), ou par la combustion du soufre, c'est-à-dire par des matières qui détruisent les gaz nuisibles ou qui en arrêtent l'état de décomposition.

Plusieurs physiologistes et médecins professent une opinion particulière sur les causes des phénomènes si remarquables qu'on observe, après la mort, dans les plantes et les animaux, et qui ont pour effet d'en réduire les parties constituantes en combinaisons minérales, pour les faire ensuite disparaître peu à peu de la surface du sol. Cette opinion mériterait à peine d'être mentionnée, si elle n'était pas devenue la base d'une théorie entièrement fausse des fonctions vitales, et notamment de certains états pathologiques.

Ces savants considèrent la fermentation, ou la résolution des molécules organiques complexes en combi-

naisons plus simples, comme l'effet des manifestations vitales de végétaux particuliers; et la putréfaction qui est le même phénomène pour les substances animales, comme le résultat du développement ou de la présence de certains animalcules. Quant aux maladies épidémiques ou causées par des miasmes, en tant qu'elles sont liées aux phénomènes de putréfaction, ils les attribuent aux mêmes causes ou à des causes semblables.

Les preuves les plus directes et les plus importantes, citées à l'appui de cette théorie, sont puisées dans les observations qui ont été faites sur la fermentation alcoolique et sur les caractères de la lie de vin et de la levûre de bière. On sait, en effet, par l'analyse microscopique, que la lie et la levûre se composent de petits globules, souvent réunis sous forme de chapelet, qui possèdent les caractères des cellules végétales vivantes, et ressemblent beaucoup à certaines plantes inférieures, à des champignons ou à des algues. Dans les sucs végétaux en fermentation, on remarque, au bout de quelques jours, de petits points qui grossissent de dedans en dehors, et l'on y constate une partie interne grenue, entourée d'une enveloppe claire.

L'examen chimique s'accorde avec les observations précédentes, et démontre que la paroi cellulaire des globules de la levûre se compose d'une substance non azotée, ayant la même composition que la cellulose, et qui reste à l'état insoluble lorsqu'on traite par un alcali caustique faible la levûre, préalablement lavée à l'eau. Le liquide alcalin se charge alors d'une matière conte-

nant tout l'azote des globules, ayant presque les caractères du gluten des céréales, et n'en différant que par la proportion de l'oxygène. Brûlée, cette matière donne des cendres entièrement identiques avec celles du gluten.

Dans le moût de bière en fermentation, la formation et la séparation des globules s'opèrent en même temps que le dégagement de l'acide carbonique et de l'alcool. Quand le sucre est décomposé, il ne se produit plus de levûre. La levûre contient la partie azotée du malt ou de l'orge, et lorsque le liquide renferme une certaine quantité de sucre, on ne trouve plus, après la fermentation, qu'une trace de la matière azotée en dissolution.

L'apparition simultanée des cellules de la levûre et des produits de décomposition du sucre, est le principal argument qu'on invoque pour admettre que la fermentation du sucre serait l'effet d'un acte vital, la conséquence du développement, de la croissance et de la multiplication de ces végétaux inférieurs.

Si par activité vitale on entend désigner la faculté que possède un germe ou une semence de prendre au dehors et de s'assimiler certaines matières, en vertu de causes particulières actives en eux, la formation des globules dans le moût de bière en fermentation y démontre sans doute l'existence d'une activité vitale. Très probablement, c'est d'une certaine quantité de sucre que se forme la paroi cellulaire, composée d'une combinaison incristallisable et plus complexe que le sucre; de même, c'est du gluten du malt que se produit la partie interne des globules, renfermant, entre autres,

des sporules ou des germes qui déterminent la formation et le développement de nouveaux globules dans du moût frais.

Mais si le développement et la multiplication de ces végétaux sont la cause de la fermentation, il faut admettre que les conditions de leur formation se trouvent réunies partout où nous voyons les mêmes effets, c'est-à-dire qu'il y a partout du sucre pour donner la partie cellulaire, et du gluten pour produire la partie interne.

Or, ce qu'il y a de plus remarquable dans les fermentations et ce qu'il importe surtout d'expliquer, c'est que les globules entièrement développés déterminent la transformation du sucre de canne en sucre de raisin, ainsi que le dédoublement de ce dernier en un volume d'acide carbonique et un volume d'alcool, et que les éléments du sucre se retrouvent, sans aucune perte, dans ces produits, puisque 3 kilogrammes de levûre (supposée sèche) décomposent 200 kilogrammes de levûre; il s'effectue donc une action très puissante, sans qu'il s'emploie sensiblement de matière pour la fonction vitale que les globules ont à remplir. Si la fermentation était une conséquence du développement et de la multiplication des globules, ils n'exciteraient pas la fermentation dans l'eau sucrée pure, qui manque des autres conditions essentielles à la manifestation de cette activité vitale, qui ne renferme pas la matière azotée nécessaire à la production de la partie interne des globules.

L'expérience prouve que, dans ce dernier cas, les

globules déterminent la fermentation, non parce qu'ils continuent de se développer, mais par suite de la métamorphose qu'éprouve leur partie interne, qui se décompose en ammoniaque et en d'autres produits, c'est-à-dire par suite d'une décomposition chimique qui est tout le contraire d'un acte organique. Mise en contact, à plusieurs reprises, avec de nouvelle eau sucrée, la levûre perd peu à peu la propriété d'exciter la fermentation, et finalement il ne reste dans le liquide que ses téguments non azotés ou parois cellulaires.

Il résulte de là que la cause du dédoublement des molécules saccharines ne saurait être attribuée à une espèce de végétation, puisque la formation des globules a lieu sans que ceux-ci se reproduisent à la manière des êtres organisés, mais dans des conditions qui détruisent en eux la faculté de se multiplier. Il est évident que cette cause est due à une activité qui persiste, lors même que les conditions de la formation des globules sont exclues.

Si l'on considère, en outre, que l'effet de la levûre ne se borne pas au sucre, mais qu'elle s'étend aussi à d'autres matières qui, par leur contact avec la levûre, éprouvent une métamorphose semblable à celle du sucre ; que, dans l'eau sucrée en fermentation, le tannin se convertit en acide gallique, l'acide malique du malate de chaux en acides succinique, acétique et carbonique ; que des substances différentes du gluten par leur composition, comme les membranes animales ou le blanc des amandes douces, déterminent, lorsqu'elles

se putréfient, la même métamorphose que la levûre, on en conclut naturellement que l'activité de la levûre est due à une cause plus générale, qu'elle ne dépend pas du sucre, et que le dédoublement du sucre en alcool et en acide carbonique n'est pas subordonné à la constance de la nature de la levûre.

Comme on le sait d'ailleurs par l'expérience, la levûre, abandonnée à elle-même, perd promptement la propriété d'exciter la fermentation alcoolique. Il en est de même lorsqu'on la broie dans un mortier de manière à y détruire toute texture organisée ; mais elle ne perd pas pour cela d'une manière absolue son activité sur les matières organiques : car, dans ce nouvel état, elle possède la propriété de convertir le sucre en acide lactique, et l'acide lactique du lactate de chaux en acide butyrique, mannite, hydrogène et acide carbonique. Ce sont là des effets qu'on constate sans aucun indice de végétation.

Il résulte de l'ensemble de ces faits, que la cause de la décomposition du sucre dans la fermentation alcoolique ne saurait être attribuée ni à la forme organisée, ni à la composition chimique de la matière azotée contenue dans les globules, mais qu'elle provient uniquement d'un état particulier de cette matière.

La fermentation du vin et du moût de bière n'est pas un fait isolé, elle n'est qu'un cas particulier d'une classe nombreuse de phénomènes semblables. En tant qu'elle est accompagnée de la formation ou de la décomposition de champignons, la fermentation alcoo-

lique se distingue des autres fermentations, où l'on n'observe point de végétation, par cette circonstance que les produits résultant de la métamorphose du gluten possèdent encore certaines propriétés vitales à côté des propriétés chimiques. Le gluten, l'albumine et la caséine végétale, les sucs végétaux, excitent la fermentation, parce qu'ils entrent en décomposition : leur efficacité repose sur l'état de métamorphose où se trouvent leurs parties constituantes ; en s'altérant, en se précipitant, avec le concours d'autres causes secondaires, elles acquièrent la forme d'un végétal inférieur, dont les propriétés vitales reposent sur un état de transition et disparaissent avec la cessation de cet état. Les globules de la levûre n'ont pas une existence propre comme champignons ou comme algues.

La fermentation du sucre, comme cas particulier, n'exige pas d'ailleurs une interprétation différente de celle que nous avons donnée de la fermentation, dans les lettres précédentes. Le sucre se dédouble en alcool et en acide carbonique par suite de la cessation de l'équilibre d'attraction entre ses éléments, et cet état est déterminé par une substance dont les molécules se trouvent dans un état de mouvement.

Au reste, la fermentation alcoolique est la seule espèce de fermentation qui ait été étudiée jusqu'à présent avec exactitude. MM. Dœpping, Karsten, Struve, citent des cas où des sucs végétaux ont fermenté à l'abri de l'air, et d'autres où du sucre s'est dédoublé en acide carbonique et en alcool, sans qu'il y eût en même

temps formation de champignons. On n'a d'ailleurs remarqué rien de constant dans les végétations produites dans beaucoup d'autres fermentations.

On est donc loin d'avoir démontré un rapport positif entre les fonctions vitales de ces êtres organisés et la formation des produits de la fermentation. Personne n'a même essayé de relier entre eux les deux ordres de faits, ni d'expliquer de quelle manière une plante peut décomposer le sucre en alcool et en acide carbonique. Si l'on examine de plus près les arguments à l'aide desquels les vitalistes cherchent à défendre cette opinion, on se croirait revenu à l'enfance de la science. Il y eut un temps où l'on ne pouvait pas se rendre compte de l'origine de la chaux dans les os, de l'acide phosphorique dans le cerveau , du fer dans le sang , des alcalis dans les plantes , et où l'on allait , chose inconcevable , jusqu'à attribuer à l'économie animale le pouvoir d'engendrer le fer , le phosphore , la chaux , la potasse , par les aliments où manquaient ces substances.

Naturellement , avec une explication si commode , il devenait superflu de s'enquérir davantage de l'origine de ces substances, et toute investigation sérieuse cessait par cela même.

Les partisans de la théorie qui attribue la putréfaction à des animalcules ou à de petits végétaux considèrent les corps putrescents comme des nids d'infusoires ou de champignons : lorsque des corps organiques se putréfient sur une grande étendue, l'atmosphère se remplirait

des germes de ces êtres; ces germes, en se développant dans le corps de l'homme et des animaux, deviendraient des germes de maladies; c'est d'eux aussi que naîtraient les miasmes et les contagions.

La base de cette *théorie*, dite *des parasites*, se réduit à deux faits : la transmission de la gale, et la maladie des vers à soie connue sous le nom de *muscardine*.

La gale est une inflammation de la peau produite par l'irritation qu'y détermine une espèce de mite ou d'acarus, le sarcopte de la gale, qui en habite les sillons. Pour que cette affection se communique, il faut un contact prolongé, surtout pendant la nuit, l'insecte de la gale étant un chasseur nocturne. Comme preuves que le sarcopte représente le principe contagieux de la gale, on cite les faits suivants : l'inoculation du pus des pustules de la gale ne la produit pas; l'application, sur le bras, des croûtes, des éruptions scabieuses, ne la donne pas non plus; la gale peut se guérir si l'on enlève les acarus par le frottement avec de la brique en poudre; elle n'est pas transmise par les acarus mâles, mais seulement par les femelles fécondées; elle devient une maladie générale par la contagion, elle est une affection chronique et ne se guérit pas d'elle-même (Henle).

Le principe contagieux de la gale serait donc un animal qui mange, qui pond des œufs; ce serait donc un principe fixe, parce qu'il n'a pas d'ailes, et que ses œufs ne peuvent pas être dispersés par l'air.

La muscardine est une maladie des vers à soie causée par un champignon. Les germes de ce végétal, après

s'être introduits dans le corps de l'insecte, se développent à ses dépens; après sa mort, ils percent sa peau, et l'on voit alors apparaître à la surface une infinité de champignons qui se dessèchent peu à peu et se réduisent en une poussière fine que le plus léger mouvement dissipe dans l'air. C'est le type des principes contagieux volatils. Une bonne alimentation, une parfaite santé augmentent la prédisposition des individus à être affectés, lorsque les germes s'y répandent.

Or, on a observé qu'une foule d'insectes ne se développent et ne se multiplient que dans le corps ou sous la peau d'animaux supérieurs, où ils déterminent des maladies, souvent même la mort. Si l'on entend considérer l'acarus de la gale comme un principe contagieux, il faut compter parmi les maladies contagieuses toutes celles qui sont causées, d'une manière semblable, par des animaux, par des parasites, car il ne saurait y avoir de différence dans l'explication suivant la grosseur ou la petitesse de l'animal.

On a observé des plantes parasites, semblables à la muscardine, dans les poissons, les infusoires, les œufs de poule, et ces cas, assez fréquents d'ailleurs dans le règne organisé, prouvent sans doute que des maladies et même la mort peuvent être l'effet de certains parasites, ne vivant qu'aux dépens des parties constituantes d'autres plantes ou d'autres animaux; mais si l'on appelle *principe contagieux* un champignon, il faut convenir que la taille du végétal ne saurait modifier le sens de ces mots, et qu'il existe alors des principes conta-

gieux longs de six à huit pouces, comme le champignon *Sphæria Robertii* qui se développe dans le corps d'une chenille de la Nouvelle-Zélande.

Puisqu'on sait que la gale se communique par des acarus, que d'autres affections se communiquent par des sporules de champignons, il n'est évidemment pas besoin d'une théorie particulière pour expliquer la contagion, et il va sans dire qu'il faut ranger dans la même catégorie toutes les affections où l'observation constate de semblables causes de transmission.

Si l'on demande ensuite quels résultats a donnés la recherche de ces causes dans d'autres maladies contagieuses, on obtient pour réponse que l'examen le plus consciencieux n'a pas permis de découvrir des animalcules ou des êtres organisés quelconques auxquels on pût attribuer la cause de la contagion de la petite vérole, de la peste, de la syphilis, de la scarlatine, de la rougeole, du typhus, de la fièvre jaune, de l'inflammation de la rate, de l'hydrophobie.

Il y a donc des maladies qui sont causées par des animalcules, par des parasites se développant dans le corps d'autres animaux et vivant aux dépens de leurs parties constituantes. Ces maladies ne sauraient être confondues avec celles où ces causes manquent entièrement, quelque ressemblance qu'elles aient d'ailleurs avec celles-ci sous le rapport des caractères extérieurs. Peut-être des recherches ultérieures donneront-elles la preuve que l'une ou l'autre maladie contagieuse appartient à la classe de celles que causent les parasites ;

mais tant que cette preuve n'aura pas été produite, les principes de l'investigation scientifique exigent qu'on les en exclue. C'est le devoir de la science d'approfondir les causes particulières qui déterminent ces autres maladies ; le problème a besoin d'être posé, et l'on finira certainement par le résoudre.

La plus grande difficulté de ce genre de recherches consiste évidemment en ce qu'arrivés à une certaine limite, nous ne savons plus distinguer les effets des forces actives, dans un être organisé, des effets dus aux forces physiques. On a cherché sans succès une ligne de démarcation pour les plantes et les animaux, un caractère positif qui permette de les distinguer ; on n'a pu découvrir que des transitions, on n'a pas trouvé des limites absolues.

Il y a des actions qui sont provoquées par des forces physiques, et qui se manifestent avec des caractères propres aux phénomènes vitaux. La disposition ingénieuse des appareils, les fonctions merveilleuses qu'ils accomplissent, distinguent d'une manière si tranchée les animaux supérieurs de la nature inanimée, que beaucoup de gens sont conduits à attribuer les actes de l'organisme à des forces entièrement différentes des forces physiques. Les savants attribuèrent longtemps une prépondérance si grande aux phénomènes vitaux et aux causes inconnues qui les déterminent, qu'ils oublièrent entièrement le concours des forces chimiques et physiques, qu'ils allèrent même jusqu'à le contester et à le nier. Dans les productions végétales infé-

rieures, au contraire, les actions chimiques et physiques sont si prédominantes, qu'il faut des preuves particulières pour y constater l'existence d'une activité vitale. On connaît, en effet, des êtres vivants qui ont toute l'apparence d'un précipité inanimé. Ne sait-on pas aussi que des observateurs très expérimentés ont pris pour des algues ou des champignons, et décrit comme tels, certaines formations cristallines? Evidemment, nous ne savons pas faire une distinction nette entre les effets des forces chimiques et les effets de la force vitale (1).

(1) Dans l'état de la science, les mots *force vitale* ne désignent pas une force spéciale d'un caractère précis, comme peut-être l'électricité ou le magnétisme ; mais c'est un nom collectif sous lequel on comprend toutes les causes d'où dépendent les phénomènes vitaux. En ce sens donc, l'expression de force vitale se trouve justifiée au même titre que le nom d'affinité, sous lequel on comprend les causes des phénomènes chimiques, mais qui ne nous sont pas plus connues que les causes des phénomènes vitaux.

VINGT-NEUVIÈME LETTRE.

Rapports de la chimie avec la physiologie. — Différences entre le langage chimique et le langage physiologique. — Urine, bile, sang. Forces actives dans l'économie animale. — Effets encore inexplicables. — Cristallisation du sulfate de soude; condensation des vapeurs d'iode sur les gravures.

Tout se tient dans la nature; aussi les sciences naturelles sont si bien liées entre elles qu'aucune ne saurait entièrement se passer du concours de l'autre. A mesure que s'élargit leur champ d'investigation, il arrive une époque où leurs limites se touchent. Ordinairement, quand deux sciences viennent ainsi se confondre, il en résulte une science nouvelle qui réunit les deux domaines, et s'empare de leur objet, de leur méthode. Pour que deux sciences s'identifient ainsi, il faut qu'elles aient déjà acquis un certain degré de développement; l'indépendance de chaque domaine a d'abord besoin d'être assurée, car, avant cela, les efforts des explorateurs ne se portent pas sur le terrain limite.

Une semblable fusion de la physiologie avec la chimie est une des acquisitions remarquables promises par la science moderne. La physiologie en est arrivée à ne plus pouvoir se passer des lumières de la chimie, pour atteindre le but qu'elle se propose, pour éclaircir dans leur ensemble les phénomènes vitaux. La chimie, en

effet, dont elle attend l'explication des rapports qui rattachent les propriétés vitales aux forces chimiques, la chimie est parvenue à un degré de développement qui lui permet d'empiéter sur d'autres domaines et d'élaborer ainsi une science nouvelle.

Les phénomènes que les animaux présentent pendant la vie sont des plus compliqués. On éprouve des difficultés toutes particulières à mettre en lumière la nature des différentes causes, et la part qu'elles prennent à ces phénomènes.

Il est de règle, dans les recherches des sciences naturelles, de faire de chaque difficulté autant de parts qu'on peut, et d'étudier ensuite séparément chacune de ces parts. Dans le sens de ce principe, on peut diviser tous les phénomènes physiologiques en deux classes, dont chacune peut, jusqu'à un certain point, être étudiée indépendamment de l'autre. Cette division, bien entendu, n'existe pas dans la nature où les deux ordres de phénomènes sont, au contraire, dans une corrélation intime et directe.

La fécondité, le développement et la croissance des animaux, les différents rapports et les fonctions des organes, les lois du mouvement, le rôle des liquides, des muscles, de la substance nerveuse, tous ces phénomènes, si bien caractérisés, peuvent s'étudier sans qu'on s'occupe de la matière, c'est-à-dire des mobiles de ces activités.

Mais la physiologie a encore affaire à d'autres phénomènes non moins importants : la digestion, la for-

mation du sang, la nutrition, la respiration, la production des sécrétions, reposent sur les transformations qu'éprouvent les substances solides ou liquides puisées au dehors ou faisant partie des organes ; c'est sur les métamorphoses de ces substances, considérées indépendamment de leur forme, que la chimie apporte des lumières à la physiologie.

La physiologie repose évidemment sur une double base : sur la physique physiologique, fondée elle-même sur l'anatomie, et sur la chimie physiologique, qui dérive de la chimie animale. De la fusion de ces deux sciences surgira une science nouvelle, la véritable physiologie qui sera à la science à laquelle on donne aujourd'hui ce nom, ce que la chimie moderne est à la chimie du siècle passé.

Pour comprendre toute l'importance de cette fusion de la physiologie avec la chimie, on n'a qu'à se rappeler la situation analogue où la dernière science s'est trouvée elle-même. C'est surtout pour avoir absorbé en elle des branches entières de la physique que la chimie moderne présente le caractère qui la distingue. Il y a quarante ans, la densité des corps à l'état de gaz était considérée comme une propriété purement physique ; mais depuis qu'on a reconnu combien cette propriété est liée à la composition des corps, c'est la chimie qui s'occupe plus particulièrement de la densité des gaz. Des relations semblables ont été observées entre la composition des corps et leur capacité calorifique, leur dilatation par la chaleur, leur point d'ébullition, leur

forme cristalline, et c'est encore la chimie qui s'attribue l'étude de ces relations. Enfin, la même science s'est presque entièrement approprié l'électricité, en ce qui concerne du moins les changements de forme et de caractères provoqués dans les corps par l'agent électrique.

Lorsque les phénomènes de la vie seront mieux connus, on reconnaîtra qu'une foule de propriétés physiologiques dépendent de la composition chimique. La physiologie, par sa fusion avec la chimie animale, pourra approfondir cette relation et se former ainsi une idée plus exacte des phénomènes vitaux.

On a tenté, il y a quelques siècles déjà, d'expliquer exclusivement par la chimie les phénomènes de la vie, et de faire ainsi de la physiologie un chapitre de cette science. Alors, en effet, les réactions chimiques qui s'opèrent dans les corps étaient mieux connues que les organes eux-mêmes. Plus tard, quand les progrès de l'anatomie eurent dévoilé la structure merveilleuse, la forme, les caractères, les fonctions des organes, on crut trouver la clef des phénomènes dans certains principes de mécanique. Toutes ces tentatives échouèrent, et c'est leur insuccès même qui contribua au développement de la physiologie, comme science indépendante.

Il y a quarante ans, la minéralogie se trouvait dans la même position vis-à-vis de la chimie : elle passait, aux yeux de bien des gens, pour n'être qu'un chapitre de celle-ci ; les minéraux composés étaient rangés dans

la classe des sels. La minéralogie conquit son indépendance, non en repoussant les conseils de la chimie, mais en accueillant dans son propre domaine l'analyse chimique comme moyen de détermination de l'espèce minérale; et depuis lors, ce sont les minéralogistes eux-mêmes qui fournissent à la chimie les renseignements les plus précieux sur les relations qui existent entre la composition chimique, la forme et les autres caractères des minéraux.

Un empêchement, aisé à écarter d'ailleurs, d'une semblable entente des chimistes et des physiologistes, c'est qu'en physiologie on n'applique pas toujours le même mot aux mêmes choses, aux mêmes combinaisons, et que, dans l'usage des noms, on a moins égard à la nature et aux caractères des matières qu'à leur rôle dans l'acte vital, ou à leur présence dans certains organes.

En physiologie on donne, par exemple, le nom d'urine ou de bile à des liquides contenus dans les poches de certains appareils, à des liquides dont la nature peut extrêmement varier, sans cesser pour cela d'être considérés comme de l'urine ou de la bile ; il en est de même du sang, dont la définition n'est point basée sur certaines propriétés particulières, mais sur les fonctions remplies dans la nutrition, sans qu'il soit tenu aucun compte de sa couleur, ni de ses autres caractères.

Pour les chimistes, au contraire, qui étudient les corps d'après leurs propriétés, les noms d'urine, de

bile, de lait, de sang, etc., impliquent un ensemble de propriétés bien déterminées, de telle sorte qu'ils ne sauraient être appliqués à une substance, à un liquide privé de ces propriétés; et comme l'urine, la bile, le sang, sont des mélanges de plusieurs principes, la chimie y distingue les principes constants, essentiels ou caractéristiques des principes variables qui ne déterminent pas les propriétés générales de ces liquides.

En chimie, la notion de l'urine est liée à la présence, dans ce liquide, de certaines combinaisons telles que l'urée, l'acide urique, et, au point de vue chimique, le nom d'urine ne saurait être donné à un liquide qui ne contiendrait pas ces corps.

Le sang, le lait, etc., sont de simples mélanges, c'est-à-dire que les principes dont ils se composent y sont contenus, non en proportions fixes, mais en proportions variables. Cet état de mélange du sang se reconnaît déjà au microscope: on le voit alors composé de petits globules ou disques circulaires rougeâtres, nageant dans un liquide jaunâtre ou à peine coloré, le sérum.

La lymphe contient deux corps incolores, dont l'un se sépare à la température ordinaire (comme fibrine), et dont l'autre se coagule par l'effet d'une température élevée. Elle est rendue trouble et blanchâtre par des gouttelettes de matières grasses. Lorsqu'on agite la lymphe avec de l'éther, elle s'éclaircit et devient transparente, l'éther dissolvant la matière grasse.

Il n'est pas aussi aisé de mettre en évidence l'état de

mélange d'autres liquides organiques, par exemple, de la bile. On réussit toutefois à l'aide de certains réactifs chimiques qui ne métamorphosent pas les corps avec lesquels on les met en contact.

La bile des animaux est jaune doré, verdâtre, ou d'un brun jaunâtre. Récemment extraite de la vésicule, elle contient, à l'état de mélange, une matière mucilagineuse, insoluble dans l'eau, et sans saveur, qu'on peut aisément séparer en précipitant la bile avec de l'alcool. Le produit qu'on obtient ainsi possède la couleur de la bile ; si on le filtre sur du charbon en poudre, celui-ci retient la matière colorante, tandis que toutes les autres parties de la bile se retrouvent dans le liquide incolore filtré.

La bile présente donc, sous le rapport de la coloration, les mêmes particularités que le sang, avec la différence toutefois que la matière colorante est, dans la bile, à l'état de dissolution, et non à l'état de combinaison avec quelque autre principe organique. Si la matière colorante s'y trouvait à l'état de combinaison, le charbon devrait se charger encore d'une autre matière organique, ce qui est contraire à l'expérience. Lorsqu'on agite la bile avec de l'éther, ou qu'on ajoute une quantité d'éther suffisante à une solution alcoolique de bile décolorée, le mélange se sépare en deux couches, dont l'une, sirupeuse et épaisse, tombe au fond, tandis que l'autre, plus légère, vient surnager. Celle-ci renferme tout l'éther employé, et laisse par l'évaporation une grande quantité de matière grasse.

Cette matière grasse est contenue dans la bile, non en suspension sous forme de gouttelettes comme dans la lymphe, mais en dissolution.

Les recherches qui ont été faites jusqu'à présent démontrent que la bile des oiseaux, des mammifères, des poissons, des amphibies, se comporte de la même manière avec l'alcool, l'éther, le charbon; qu'elle ne constitue pas une combinaison unique, mais qu'elle est un mélange de plusieurs combinaisons. Si la bile était une combinaison unique, on ne pourrait pas la dépouiller d'une seule de ses propriétés sans détruire en même temps toutes les autres. Mais on peut, par exemple, enlever sa consistance épaisse sans que ses autres caractères subissent le moindre changement; il en est de même de sa couleur et de ses caractères savonneux. Quant à la combinaison qui reste après ces deux traitements, on ne peut, sans la détruire, lui prendre aucune de ses propriétés. Elle constitue le sel de soude d'un acide particulier formé par l'accouplement d'un acide azoté, l'acide cholalique, avec le glycocolle (sucre de gélatine) ou la taurine; elle se distingue par une saveur amère et par la propriété qu'elle possède de prendre une couleur pourpre quand on la mélange avec du sucre et un peu d'acide sulfurique (1).

L'expérience ayant démontré que la substance ner-

(1) Il est à remarquer que la bile de porc renferme un acide organique particulier, différent des acides rencontrés jusqu'à présent dans la bile des divers animaux.

veuse et cérébrale, les fèces et presque toutes les parties de l'organisme contiennent la même matière grasse que la bile; que le liquide séparé du sang par la coagulation possède une couleur semblable à celle de la bile; que le mucus des intestins n'est pas à distinguer du mucus de la vésicule biliaire, on en conclut que la matière grasse, la matière colorante et le mucus ne sont pas des principes essentiels de la bile. Il n'en est pas de même de son principe amer, insoluble dans l'éther, soluble dans l'alcool et l'eau; ce principe ne se rencontre, chez les individus sains, que dans la bile. Aussi le chimiste le considère-t-il comme caractéristique de cette sécrétion, et c'est toujours lui qu'il a en vue en parlant de la bile. Il envisage, par la même raison, comme caractéristiques de l'urine de tous les animaux, l'acide urique, l'urée et l'allantoïne, parce que ces principes, dont l'un ou l'autre se rencontre dans toutes les urines, sont des combinaisons connexes, l'acide urique pouvant être converti en urée et en allantoïne. D'un autre côté, l'acide hippurique et l'acide benzoïque, contenus dans l'urine de l'homme, du cheval et de la vache, ainsi que la créatine et la créatinine observées dans l'urine de l'homme, sont des principes non essentiels, parce qu'ils manquent dans l'urine des oiseaux et des serpents, ou du moins parce qu'on ne les a pas trouvés dans cette urine.

Tout le monde sait que le sang, récemment tiré, se prend au bout de quelque temps en une masse gélati-

neuse. Cette coagulation est causée par la fibrine qui se sépare du sérum sous la forme d'une gelée ou d'un tissu composé de filaments extrêmement ténus et transparents qui emprisonnent les globules colorés du sang (le caillot). Si l'on fouette le sang, avant qu'il se coagule, il ne se forme point de caillot, parce qu'on empêche ainsi les filaments de fibrine de s'agréger ; ces filaments ne s'agglutinent alors qu'en partie, en produisant des masses molles et élastiques qu'on peut entièrement décolorer et blanchir par des lavages à l'eau. Mise dans de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique (une goutte par once d'eau), cette fibrine (1) se gonfle et donne une épaisse gelée sans se dissoudre. Si la quantité d'eau n'est pas trop forte, elle est absorbée par la fibrine ainsi gonflée, comme par une éponge; si l'on ajoute ensuite de l'acide chlorhydrique à cette masse, elle se contracte et reprend son volume primitif. Qu'on place cette fibrine contractée dans de l'eau pure, elle se gonflera de nouveau, et l'addition de nouvel acide chlorhydrique la contractera encore. Si, après avoir répété jusqu'à dix fois ces traitements alternatifs, on dessèche et l'on brûle la fibrine, elle laisse à peu près 2 pour 100 de cendres, contenant de l'oxyde de fer, de la chaux et de l'acide phosphorique. Ces principes ne se trouvent évidemment pas dans

(1) Cette propriété distingue entièrement la fibrine du sang de la fibrine formant la partie essentielle de la chair des animaux. La fibrine charnue se dissout, dans les mêmes circonstances, en donnant un liquide qui n'est troublé que par des particules de matière grasse.

la fibrine à l'état de mélange, car ils y sont retenus par les autres éléments, avec une force qui dépasse de beaucoup la grande affinité que l'acide chlorhydrique a pour le phosphate de chaux et l'oxyde de fer. Il faut donc considérer ces principes comme essentiels à la fibrine du sang.

C'est non seulement le défaut d'entente sur le sens des expressions, mais encore la différence des méthodes d'investigation qui a empêché l'alliance de la chimie et de la physiologie. S'agit-il d'élucider une question compliquée, les chimistes et les physiciens ont pour règle de la ramener avant tout, par l'expérience, à des questions plus simples. Ils passent du simple au composé, du connu à l'inconnu; ils commencent par s'occuper des causes les plus prochaines du phénomène. Ce n'est pas ainsi qu'on procède en physiologie et en pathologie.

Là, on prétend résoudre les problèmes les plus complexes avant même d'avoir résolu les plus simples; on prétend expliquer la fièvre, sans connaître le phénomène de la respiration; la chaleur animale, sans connaître le rôle de l'atmosphère; les fonctions de la bile dans la digestion, sans connaître la nature de la bile elle-même. De là ces discussions fréquentes sur les causes de la vie, discussions entièrement inutiles et oiseuses, puisque nous avons à peine quelque notion sur les causes prochaines des phénomènes vitaux les plus simples. Sans doute une foule d'effets se produi-

sent dans l'économie par l'action de certaines causes physiques et chimiques, mais ce serait aller trop loin que d'admettre l'identité entre toutes les forces actives dans l'organisme et les forces qui sollicitent la matière morte. Les partisans de cette identité oublient la première règle de toute investigation : ils oublient de *démontrer* qu'un effet attribué à une cause appartient véritablement à cette cause.

Avant de considérer l'électricité, le magnétisme ou l'affinité chimique comme la cause des phénomènes vitaux, il faut fournir la preuve que les organes, siége de l'activité de certaines forces, présentent des phénomènes semblables à ceux auxquels donnent lieu les corps inorganiques sollicités par les mêmes forces. Il est indispensable de mettre d'abord en lumière comment ces forces réunies produisent cette harmonie dans les fonctions, depuis le premier développement de l'être organisé jusqu'au moment où les éléments dont il se compose retournent à la nature minérale. Car, si l'on admet l'identité des forces minérales et des forces organiques, cela suppose évidemment la connaissance de toutes les forces de la nature en général; cela suppose qu'on en a approfondi les effets, et qu'on possède les données nécessaires pour conclure des effets aux causes, pour déterminer la part qui revient à chacune d'elles dans les fonctions de la vie.

Un coup d'œil sur les écrits des auteurs favorables à cette opinion suffit pour montrer toute l'inconsistance de semblables généralisations. Elle est surtout partagée par

des observateurs, d'ailleurs habiles et consciencieux, qui s'occupent de l'examen des mouvements de l'économie animale. Voyant s'accomplir ces mouvements suivant un mécanisme régulier, les savants dont je parle sont entraînés à les attribuer aux causes qui provoquent des mouvements semblables en dehors de l'économie ; mais ils n'ont jamais essayé de déterminer par l'expérience les rapports qui existent entre les mouvements organiques et la chaleur, l'électricité, le magnétisme, ou le degré de dépendance où se trouvent les mouvements organiques vis-à-vis de ces forces. On sait seulement que les forces physiques y ont une certaine part, et voilà tout.

Il est impossible, d'un autre côté, d'admettre l'opinion des vitalistes qui prétendent expliquer les mystères de la vie à l'aide d'une ou de plusieurs forces vitales. Ces savants se prononcent sur un phénomène, sans examiner au préalable s'il est simple ou complexe : ils se demandent si l'on peut l'expliquer par l'affinité chimique, par l'électricité ou par la force magnétique; puis, comme il n'est guère possible, dans l'état de la science, de fournir à cet égard des preuves affirmatives, ils se disent que le phénomène ne peut être attribué à aucune de ces forces, mais qu'il est dû à des forces spéciales, inhérentes aux êtres organisés.

Il faut songer que, dans la recherche des causes des phénomènes, il n'est permis de procéder par élimination que dans les cas où l'on a la certitude de connaître toutes les causes auxquelles les effets peuvent être rap-

portés, et de démontrer que les effets ne se rapportent qu'à une seule d'entre ces causes.

Nous n'avons que des notions bien incomplètes sur l'essence des forces physiques, et nous ne pouvons pas affirmer que l'une ou l'autre force soit sans effet, ou n'ait pas sa part d'influence dans un phénomène vital. On a observé, entre les forces électriques et l'affinité chimique des relations fort remarquables qu'on est loin de connaître avec précision; il en est de même des rapports qui existent entre la cohésion et l'affinité chimique, et sur lesquels il règne même encore plus d'obscurité.

Dans l'état de la science, nous appelons affinité la cause à laquelle nous attribuons la combinaison des atomes hétérogènes; mais l'attraction que ces mêmes corps exercent entre eux varie suivant les circonstances; il faut donc, pour apprécier convenablement les effets de l'affinité, qui n'est pas toujours seule active, tenir compte de ces circonstances, c'est-à-dire de la température, de l'état de cohésion, de l'état électrique où se trouvent les corps.

On a découvert, dans ces derniers temps, un grand nombre de phénomènes, et l'on sait à peine quelles sont, parmi les causes connues, celles qui les produisent. Autrefois, on se serait empressé d'attribuer ces phénomènes à des causes particulières, inconnues; mais de notre temps cela n'est plus permis, et nous nous gardons bien de nous prononcer avec tant de précipitation, car

nous avons conscience de notre faible savoir en matière de forces, surtout de forces moléculaires, de cohésion et d'affinité.

Lorsqu'on verse dans un verre à champagne une solution aqueuse de sulfate de soude (1 partie d'eau et 2 parties de sel), saturée à chaud, et qu'on la laisse refroidir, le sel cristallise, et le liquide se prend en une bouillie cristalline épaisse, semblable à de la glace. Si l'on emplit le même verre à moitié de la même solution chaude, qu'on le recouvre d'une vitre, d'un verre de montre ou d'une carte à jouer, et qu'on laisse ensuite refroidir le liquide, la solution sursaturée, abandonnée dix heures, ou davantage, ne dépose pas de cristaux, lors même qu'on enlève ensuite la carte ou la vitre. Mais si l'on plonge une baguette de verre dans la solution, il s'y forme, à partir de la surface, des lames ou des aiguilles très belles de sulfate de soude, et tout le liquide finit par se solidifier en peu d'instants. Voilà donc un liquide qui est contenu dans un verre, mais qui ne cristallise pas par le contact avec ce verre; tandis qu'un autre fragment de verre qui ne s'est pas refroidi avec le liquide en détermine aussitôt la cristallisation. Ce phénomène est certainement fort singulier, mais ce qui l'est encore davantage, c'est que si l'on chauffe pendant quelques minutes l'un des bouts de la baguette dans une lampe à esprit-de-vin, et qu'on le laisse ensuite refroidir, ce même bout n'a plus d'action sur la cristallisation du sulfate de soude : on peut le plonger dans le liquide et l'y agiter, sans qu'il y produise le moindre changement. Mais dès qu'on renverse la

baguette et qu'on touche le liquide avec l'autre bout qui n'a pas été chauffé, tout le liquide se prend aussitôt en une masse cristalline. Il semble, au premier abord, que la baguette de verre ait deux pôles comme un aimant : elle conserverait à l'un des bouts une propriété que la chaleur lui ferait perdre à l'autre. Abandonnée à l'air libre, la baguette reprend peu à peu cette propriété, mais si on l'enferme dans un vase clos, elle reste inactive pendant dix à quinze jours. Même plongée dans l'eau et séchée ensuite à l'air, elle ne reprend pas immédiatement cette propriété.

L'influence du mouvement sur la cristallisation peut s'expliquer d'une manière satisfaisante ; mais ce qui est entièrement obscur, c'est cet effet de la chaleur sur la baguette pour empêcher la cristallisation.

Voici d'autres faits tout aussi singuliers.

Lorsqu'on place une gravure sur une boîte plate et ouverte, au fond de laquelle se trouve un peu d'iode, et qu'on l'expose ainsi pendant quelques minutes à la vapeur émise par ce corps à la température ordinaire, qu'on presse ensuite la gravure sur une feuille de papier collé à l'amidon, comme le papier sans fin ordinaire, et humecté d'acide sulfurique très dilué, on obtient sur cette feuille une belle impression en bleu de ciel, fort exacte, de la gravure. Si l'on place cette impression sur une plaque de cuivre, les lignes bleues disparaissent peu à peu sur le papier, et l'on voit apparaître très distinctement l'image sur le cuivre.

Lorsqu'on expose quelques instants, à la vapeur

d'iode, une gravure, un dessin, et même un tableau à l'huile, ils se reproduisent sur une plaque d'argent, et si l'on expose ensuite celle-ci aux vapeurs de mercure et qu'on la traite par les procédés ordinaires, on obtient une image aussi belle que les meilleures épreuves daguerriennes.

Dans ces expériences, les parties sombres de la gravure, c'est-à-dire la couleur noire, attirent les vapeurs d'iode et les condensent avec bien plus d'énergie que le papier blanc.

L'enduit d'amidon humide enlève l'iode aux parties noires, et il se produit sur le papier une combinaison d'iode bleue, une impression bleue de la gravure; la plaque de cuivre enlève l'iode à la combinaison bleue, et il se fait sur la plaque un dessin en iodure de cuivre.

Le papier blanc, la couleur noire, l'amidon et le cuivre ont évidemment pour l'iode une attraction bien différente; la condensation de l'iode est due à la même cause qui détermine, en général, la condensation des gaz à la surface du corps. La couleur noire attire l'iode, mais il ne se produit pas une vraie combinaison chimique, car la couleur noire ne change pas, et, de toutes les propriétés de l'iode, il ne se perd ou ne s'affaiblit que la volatilité; l'amidon en est encore affecté comme par l'iode libre.

Les phénomènes précédents rappellent le rôle si remarquable que les principes solides du sang jouent dans la respiration.

Le sang doit sa couleur aux globules. On sait que ces globules, d'un rouge foncé à leur entrée dans le poumon, y deviennent d'un rouge écarlate. Le changement de nuance s'effectue en même temps qu'une absorption d'oxygène. Or, il résulte des observations physiologiques, ainsi que des expériences qui ont été faites sur la manière dont le sang, privé de globules, se comporte avec l'air et l'oxygène, qu'une grande partie de l'oxygène arrivant en contact avec le sang est absorbé par les globules; ceux-ci se comportent donc avec l'oxygène comme les corps colorés ou rugueux avec l'iode; le gaz oxygène se fixe sur les globules sous une forme particulière, où il conserve son caractère chimique et sa faculté de se combiner, pendant la circulation, avec d'autres matières pour lesquelles il a de l'affinité.

L'attraction des parties noires d'une gravure pour l'iode (et comme l'indique M. Niepce pour le chlore et pour une foule de corps en vapeur), ainsi que l'attraction des globules du sang pour l'oxygène, est très probablement l'effet d'une affinité chimique; mais nous ne possédons, sur l'essence de cette force, que des notions si incomplètes, que nous n'avons pas même encore de nom particulier pour désigner ce genre d'attraction.

Les phénomènes abondent, comme on le voit, qui ne sauraient s'expliquer dans les théories usuelles. Ils prouvent que nous sommes encore bien loin de connaître les lois des forces connues.

Nous pouvons, avec la même quantité d'acide sulfurique, convertir des quantités indéfinies d'alcool en éther et en eau, ou de fécule en sucre de raisin. Ces effets sont entièrement différents de ceux qu'on observe en mettant l'acide sulfurique en contact avec des métaux ou avec des oxydes métalliques, mais il serait absurde de les attribuer à une cause particulière, différente de l'affinité chimique. Ce que nous désignons ordinairement sous le nom d'action chimique n'est qu'une manifestation de la force chimique, qu'un fait qui démontre que dans certains cas l'attraction chimique est plus forte que toutes les résistances qui s'y opposent. La combinaison chimique est un des effets de l'affinité chimique, mais elle n'en est certainement pas le seul effet.

Cette insuffisance de nos connaissances sur l'essence et sur les effets des forces de la nature explique pourquoi il n'est guère possible aujourd'hui, en procédant par exclusion, de résoudre la question de savoir s'il existe dans l'économie une cause spéciale qui détermine les phénomènes vitaux.

TRENTIÈME LETTRE.

Marche à suivre pour déterminer les lois de la nature. — Rapports entre le point d'ébullition et la pression de l'atmosphère, entre le point d'ébullition et la composition des liquides. — Rapports entre les capacités calorifiques et les nombres proportionnels. — Questions dont la physiologie réclame la solution de l'anatomie et de la chimie. — Sens des formules chimiques.

L'histoire des sciences nous donne la certitude consolante que nous parviendrons un jour, par la voie de l'expérience et de l'observation, à dévoiler les mystères de la vie organique, et à mettre en lumière les causes des fonctions vitales. Les caractères propres des corps sont déterminés par l'action simultanée de plusieurs causes, et c'est à l'observateur à définir la part d'influence qui revient, sous ce rapport, à chacune d'elles ; pour cela, il a besoin tout d'abord de les étudier et de préciser les cas où elles varient. Il est de règle, dans les phénomènes naturels, qu'à tout changement dans une propriété quelconque correspondent des changements dans un autre caractère ; la connaissance des lois de ces variations permet donc à l'observateur de déduire d'une seule les autres propriétés, sans qu'il ait besoin de consulter l'expérience directe.

Déterminer une loi de la nature, ce n'est autre chose que définir ce rapport de dépendance entre les

différentes propriétés; ce rapport, une fois connu, donne l'explication du phénomène et éclaircit la nature des forces qui le produisent.

On sait, par exemple, que tous les liquides entrent en ébullition à une température invariable, lorsqu'ils sont placés dans les mêmes conditions; cette constance du point d'ébullition est donc une de leurs propriétés caractéristiques.

Une des conditions pour que les bulles de vapeur se développent du sein d'un liquide à une même température, c'est la constance de la pression extérieure. Dans tous les liquides, le point d'ébullition varie avec cette pression suivant une loi particulière; il s'élève ou s'abaisse à mesure que la pression augmente ou diminue. A chaque température d'ébullition correspond une pression déterminée, à chaque pression correspond un degré d'ébullition fixe.

La connaissance de la loi, suivant laquelle le point d'ébullition de l'eau dépend ainsi de la pression de l'atmosphère, a conduit à l'emploi du thermomètre comme moyen de déterminer la hauteur au-dessus du niveau de la mer; c'est donc en observant les variations d'un caractère qu'on en mesure un autre.

Voici des rapports semblables, moins connus peut-être, entre le point d'ébullition des liquides et leur composition. L'esprit de bois, l'esprit-de-vin, l'huile de pomme de terre, sont trois liquides dont le point d'ébullition est bien différent : l'esprit de bois bout à 59 degrés, l'esprit-de-vin à 78 degrés, l'huile de pomme

de terre à 135 degrés. Si l'on compare entre eux ces trois points d'ébullition, on remarque que l'esprit-de-vin bout à 19 degrés ($59° + 19° = 78°$), l'huile de pomme de terre à quatre fois 19 degrés ($59° + 4 . 19° = 135°$) au-dessus du point d'ébullition de l'esprit de bois.

Chacun de ces trois liquides, placés dans les mêmes conditions, donne, par l'oxydation, un acide particulier : l'esprit de bois se convertit en acide formique, l'esprit-de-vin en acide acétique, l'huile de pomme de terre en acide valérianique. A leur tour, ces trois acides ont chacun un point d'ébullition constant : l'acide formique bout à 99 degrés, l'acide acétique à 118 degrés, l'acide valérianique à 175 degrés. Si l'on compare entre eux ces trois degrés, on remarque immédiatement qu'ils présentent les mêmes rapports que les points d'ébullition des liquides d'où ils dérivent. En effet, l'acide acétique bout à 19 degrés, l'acide valérianique à quatre fois 19 degrés au-dessus du point d'ébullition de l'acide formique.

On voit, par l'exemple précédent, que chaque variation dans un caractère, dans la composition, correspond à une variation semblable dans un autre caractère, dans le point d'ébullition.

Voici, en effet, les relations qu'on observe entre la composition des trois acides et la composition des trois liquides d'où ils résultent par l'oxydation. La composition de l'esprit de bois s'exprime par $C^2 H^4 O^2$, celle de l'alcool par $C^4 H^6 O^2$, celle de l'huile de pomme de terre par $C^{10} H^{12} O^2$.

Or, si l'on représente par R un poids de carbone et

d'hydrogène correspondant à CH (à des équivalents égaux), on remarque que la formule de l'alcool peut s'exprimer par la formule de l'esprit de bois plus 2 R :

$$\underbrace{C^2H^4O^2}_{\text{Esprit de bois.}} + C^2H^2 = \underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}}.$$

De même, la formule de l'huile de pomme de terre équivaut à celle de l'esprit de bois augmentée de 4 fois 2, ou de 8 R :

$$\underbrace{C^2H^4O^2}_{\text{Esprit de bois.}} + C^8H^8 = \underbrace{C^{10}H^{12}O^2}_{\text{Huile de pomme de terre.}}.$$

Quant aux formules des acides, celle de l'acide formique est $C^2 H^2 O^4$; celle de l'acide acétique, $C^4 H^4 O^4$; celle de l'acide valérianique, $C^{10} H^{10} O^4$. Il est aisé de voir que la formule de l'acide acétique équivaut à celle de l'acide formique plus 2 R ; que la formule de l'acide valérianique équivaut à celle de l'acide formique plus 4 fois 2, ou 8 R.

Ces faits conduisent à cette conclusion, qu'à une fixation ou à un surplus de 2 R (de 2 équivalents de carbone et de 2 équivalents d'hydrogène) correspond un accroissement de 19 degrés dans la température d'ébullition. L'expérience prouve, en effet, la constance de ce rapport entre les corps appartenant au même groupe, et, comme conséquence, la possibilité de déduire la composition d'un corps de son point d'ébullition.

Le formiate de méthyle, par exemple, bout à 36 degrés, le formiate d'éthyle bout à 55 degrés. La différence entre les deux points est de 19 degrés. Elle indique que le premier corps doit différer du second par $C^2 H^2$, ou R. C'est, en effet, ce que confirme l'expérience : la formule du formiate de méthyle est $C^4 H^4 O^4$; celle du formiate de méthyle est $C^6 H^6 O^4$, différence en plus sur la première formule $C^2 H^2$.

Voici encore d'autres exemples. L'acide butyrique bout à 156 degrés; ce point d'ébullition est exactement de trois fois 19 degrés au-dessus du point d'ébullition de l'acide formique. Or, en comparant les formules de l'acide formique et de l'acide butyrique, on trouve que l'acide butyrique peut être considéré comme de l'acide formique plus 3 fois 2 R, ou plus 6 R.

La toluidine et l'aniline sont deux alcalis organiques d'une composition telle, que la première diffère de la seconde par un surplus de $C^2 H^2$, ou 2 R. Aussi le point d'ébullition de la toluidine est-il supérieur de 19 degrés au point d'ébullition de l'aniline.

Il est impossible de méconnaître, dans ces rapports, l'existence d'une loi naturelle. Il est hors de doute que les propriétés d'un corps sont dans un rapport défini avec sa composition, et qu'un changement dans ces propriétés a toujours pour conséquence un changement proportionnel dans cette composition. D'ailleurs, il importe de le remarquer, la connaissance de ce rapport, de la loi, est entièrement indépendante de la cause du phénomène ou des conditions dont l'ensemble dé-

termine la constance du point d'ébullition. Nous ne savons pas mieux ce qu'est en soi le point d'ébullition que nous ne connaissons la cause de la vie.

Nous avons fait ressortir, par les exemples précédents, certains rapports qu'on a observés entre la composition des corps et une de leurs propriétés. Ce ne sont pas les seuls : il existe autant de rapports que les corps ont de propriétés particulières.

Ainsi, on a découvert, pour un très grand nombre de combinaisons organiques, une loi d'après laquelle on peut, à l'aide du point d'ébullition et de la composition, déterminer combien de kilogrammes pèse le mètre cube d'un corps. Voilà donc un caractère, la pesanteur spécifique ou la pression exercée sur un support par les corps à volumes égaux, qui se trouve dans un rapport défini avec deux autres caractères, et qui change à mesure que ceux-ci changent eux-mêmes.

Des relations semblables ont été trouvées entre les proportions suivant lesquelles les corps se combinent et la quantité de chaleur qu'ils exigent pour être portés à la même température.

Tout le monde sait que des corps différents renferment, à la même température, des quantités de chaleur différentes. Les mêmes poids de soufre, de fer et de plomb, chauffés à la température de l'eau bouillante, mettent en fusion des quantités de glace bien différentes.

Si la quantité de chaleur contenue dans les trois

corps était la même, la quantité de glace fondue par eux serait égale. La différence des effets produits indique évidemment une différence dans la cause agissante. Le soufre fait fondre 6 1/2 fois, le fer 4 fois autant de glace que le plomb. Il est aisé de comprendre que pour porter à la même température, par exemple, de 15 à 200 degrés, le soufre, le fer et le plomb, en les chauffant avec la même lampe à esprit-de-vin, il faudrait brûler, pour le plomb, 1 litre d'esprit-de-vin quand la même quantité de soufre en exigerait 6 1/2 litres, et la même quantité de fer près de 4 litres.

Ces différentes quantités de chaleur qu'exigent des mêmes poids de corps différents, pour être portés à une même température, sont ce qu'on appelle leurs *chaleurs spécifiques*. Chaque corps a une chaleur spécifique propre. Connaissant les différentes quantités de chaleur contenues dans le même poids de différents corps à une même température, on trouve, par une simple règle de trois, les poids différents de soufre, de plomb et de fer, qui renferment la même quantité de chaleur : ce calcul indique, par exemple, que 16 soufre fondent autant de glace que 28 fer et 104 plomb à la même température. Or, ces nombres sont les mêmes que les nombres proportionnels ou les équivalents chimiques.

On voit, d'après cela, que les équivalents des corps précédents (et il en est ainsi de beaucoup d'autres) contiennent la même quantité de chaleur, ou absorbent la même quantité de chaleur pour être portés à la même température. Si les équivalents expriment les

poids relatifs des atomes, il est évident que la quantité de chaleur qui est fixée ou abandonnée par un atome doit être la même pour chaque atome, dans les mêmes conditions, et se trouver en raison inverse du poids de cet atome.

Il est, certes, remarquable que la quantité de glace fondue par un corps ait pu, dans certains cas, servir à déterminer ou à rectifier les proportions suivant lesquelles ce corps se combine avec d'autres. Mais voici qui paraîtra encore plus surprenant. La propriété que possèdent les corps gazeux, d'absorber ou d'abandonner de la chaleur, est dans un rapport défini avec le son produit par l'insufflation du gaz dans un sifflet ou dans une flûte; cela est si vrai, que l'illustre Dulong a pu, par la différence du son, déterminer les quantités relatives de chaleur que des volumes égaux de gaz dégageaient en se contractant, ou absorbaient en se dilatant.

Pour bien se rendre compte de ces rapports curieux, il faut se rappeler une des plus belles idées de Laplace, au sujet des relations qui existent entre la chaleur spécifique des gaz et leur faculté de propager le son. On sait que Newton et beaucoup de mathématiciens après lui ont vainement cherché, pour la vitesse du son, une formule conforme à l'expérience. Le calcul était fort rapproché du résultat expérimental, mais il y avait cependant une différence inexplicable. Or, comme le son se propage par l'effet de la vibra-

tion des molécules élastiques de l'air, conséquemment, par l'effet d'une contraction suivie d'une dilatation; comme d'un autre côté, l'air, en se contractant, dégage de la chaleur, et qu'il en absorbe en se dilatant de nouveau, Laplace supposa que ces effets calorifiques avaient une influence sur la propagation du son; il introduisit dans le calcul la chaleur spécifique de l'air, et dès lors la formule mathématique se trouva exempte d'erreur et devint l'expression exacte de la vitesse observée.

Lorsqu'on calcule la vitesse du son, d'après la formule de Newton, et qu'on compare le résultat avec celui de la formule de Laplace, on trouve une différence dans la longueur de l'espace parcouru, dans une seconde, par une onde sonore. Cette différence tient à la chaleur spécifique, à la quantité de chaleur qui est dégagée, dans la propagation du son, par les molécules d'air mises en mouvement.

Il est clair que, pour les autres gaz, qui, à volume égal, contiennent plus ou moins de chaleur que l'air, ou qui dégagent par la compression plus ou moins de chaleur que l'air, cette différence de vitesse du son doit être aussi plus grande ou plus petite que pour l'air. On comprend, d'après cela, pourquoi les nombres qui expriment ces vitesses inégales du son dans différents gaz représentent en même temps la mesure de leurs chaleurs spécifiques.

Or, comme l'acuité ou la gravité du son dépend du nombre des vibrations qu'une onde sonore fait dans une seconde, c'est-à-dire de la vitesse avec laquelle le mou-

vement vibratoire se propage ; comme, d'un autre côté, pour tous les gaz, la vitesse d'une onde sonore est en raison directe du nombre des vibrations des sons produits, on s'explique parfaitement comment on peut, au moyen de la hauteur du son produit par différents gaz dans un tuyau, déterminer les chaleurs spécifiques de ces gaz, c'est-à-dire les différences entre les quantités de chaleur qu'ils renferment.

L'harmonie en musique, chaque son qui réjouit le cœur et le remplit d'enthousiasme, est l'indice d'un nombre déterminé de vibrations qu'exécutent les particules du milieu propageant le son. C'est à cette belle découverte que l'acoustique doit le rang éminent qu'elle occupe aujourd'hui ; elle a puisé une foule de vérités dans la théorie des vibrations, et, l'expérience aidant, elle a de son côté enrichi nos connaissances sur les propriétés des corps vibrants en général.

La tradition rapporte qu'un fameux luthier viennois allait lui-même dans la forêt chercher le bois de ses violons, et donnait la préférence aux arbres qui, sur un coup de marteau, rendaient un son à lui seul connu. C'est là un conte, sans nul doute : le luthier savait évidemment que le corps d'un bon violon doit faire un certain nombre de vibrations par seconde, c'est-à-dire rendre un certain son, et il taillait en conséquence l'épaisseur de son bois.

Toutes les propriétés des corps sont connexes ; les propriétés vitales, comme les autres, sont soumises à cette loi de dépendance.

Le courant électrique qui traverse un fil de métal est intimement lié aux propriétés magnétiques que ce fil en reçoit; les oscillations de l'aiguille aimantée mesurent les plus légères différences de chaleur rayonnante, et permettent d'exprimer par des nombres la quantité d'électricité mise en mouvement; cette quantité s'évalue aussi en centimètres cubes de gaz hydrogène ou en grammes de métal. Quand on songe à tous ces rapports, quand on voit cette connexion étroite qui existe entre les causes ou les forces en vertu desquelles les corps produisent un certain effet sur nos sens, on ne saurait douter que les propriétés physiques et chimiques des éléments, que leur forme et leur mode d'association, ne jouent aussi un rôle bien déterminé dans les phénomènes vitaux.

Sans doute, il ne suffit pas, pour apprécier ce rôle, de connaître les formules chimiques : il faut encore approfondir les lois qui rattachent la composition et la forme des aliments et des sécrétions aux fonctions de nutrition, qui relient la composition des médicaments aux effets exercés par eux sur l'économie.

Les progrès de l'anatomie ont seuls rendu possible, depuis Aristote jusqu'à nos jours, le développement de la physiologie des plantes et des animaux ; cela est incontestable. Il fallait, en effet, connaître d'abord l'appareil avant d'en étudier les fonctions. Celui qui n'aurait vu de la distillation que le mélange, le feu et le robinet d'où coule l'esprit, ne comprendrait certainement pas

le sens de cette opération. Il en est de même des fonctions, encore bien plus compliquées de l'économie ; avant de pouvoir s'en rendre compte il faut connaître exactement la structure des différentes parties qui les exécutent.

Il est vrai de dire, cependant, que les progrès de l'anatomie, depuis Aristote jusqu'à Leeuwenhoeck, n'ont pu éclaircir que partiellement les phénomènes de la vie. On a beau savoir comment est construit un appareil distillatoire sans comprendre pour cela en quoi consistent ses fonctions : mais si l'on connaît la nature du feu, les lois de la propagation de la chaleur, les lois de l'évaporation, la composition du moût et du produit de la distillation, on en sait bien plus long que celui qui connaît l'appareil dans tous ses détails et même que le chaudronnier qui l'a construit. Il en est de même d'une foule de phénomènes organiques. L'anatomie, on ne saurait le nier, a atteint une remarquable rigueur ; ses descriptions sont d'une grande précision, et comprennent les moindres détails jusqu'aux dernières cellules. Mais, arrivée là, elle ne saurait aller plus loin, et il faut alors des investigations d'un autre ordre.

Lorsqu'il s'agit de résoudre une question de physiologie, il ne suffit pas de simples notions anatomiques sur la structure de l'appareil : il faut encore se renseigner sur la matière dont se compose l'appareil, sur les propriétés que cette matière manifeste en outre des propriétés vitales, sur l'origine de cette matière et sur les métamorphoses qu'elle éprouve, pour acquérir des

propriétés vitales ; il faut, enfin, étudier les rapports que présentent entre elles, indépendamment de leur forme, les différentes parties constituantes de l'organisme, les parties solides comme les parties liquides.

Beaucoup de physiologistes considèrent comme profitables à la chimie seulement les résultats obtenus par cette science dans ces questions importantes, alors qu'ils n'y occupent qu'une place toute secondaire, à côté des analyses des minéraux et des eaux minérales.

On se fait, en général, une fausse idée du rôle de la chimie dans l'explication des phénomènes vitaux ; les uns n'estiment pas assez son concours, les autres en attendent trop et s'exagèrent son influence. Lorsqu'une certaine relation est établie entre deux faits, ce n'est pas à la chimie à démontrer cette relation : la chimie ne cherche qu'à exprimer la relation par des quantités, par des nombres. Les nombres seuls n'indiquent pas des rapports entre deux faits, quand ceux-ci n'ont pas tout d'abord été constatés.

L'essence d'amandes amères et l'acide benzoïque sont deux composés organiques entièrement différents par les propriétés et par les parties végétales qui les renferment. Il y a quelques années, on ne connaissait encore entre eux aucune relation : mais bientôt on trouva que l'essence d'amandes amères se solidifie et cristallise peu à peu à l'air, et que ce produit est identique avec l'acide benzoïque. Cette découverte indiquait une relation entre les deux corps ; l'expérience prouva ensuite que, dans cette métamorphose, l'essence absorbe l'oxygène de

l'air ; l'analyse put alors formuler la métamorphose par des nombres et donner l'explication dont elle était susceptible.

L'étude des transformations que l'huile de pomme de terre éprouve sous l'influence de l'oxygène conduisit de la même manière à la découverte d'une relation définie entre cette huile et l'acide valérianique : exprimée en nombres, elle se trouva être la même que celle qui existe entre l'esprit-de-vin et l'acide acétique.

L'urine de l'homme renferme de l'urée, souvent de l'acide urique ; l'urine de certaines classes animales est exempte d'acide urique, dans d'autres c'est l'urée qui manque. A mesure que l'acide urique augmente dans une urine, l'urée y diminue. L'urine du fœtus de la vache contient de l'allantoïne ; dans l'urine de l'homme, on trouve presque toujours de l'acide oxalique. Tout changement qui a lieu dans un acte de l'économie est accompagné d'un changement correspondant dans la nature, les caractères et les proportions des combinaisons sécrétées par les reins. C'est au chimiste à exprimer quantitativement les relations que ces combinaisons présentent entre elles et avec les différents actes de l'économie. Il commence donc par faire l'analyse de l'urée, de l'acide urique, de l'allantoïne, de l'acide oxalique ; les résultats analytiques ne lui indiquent pas encore les relations que ces corps ont entre eux dans l'économie, mais il y arrive par l'étude de leurs réactions sous l'influence de l'oxygène et de l'eau, c'est-à-dire des agents qui concourent dans l'organisme à leur formation ou à

leurs métamorphoses. Ainsi, en fixant de l'oxygène, l'acide urique se décompose en trois produits, en allantoïne, urée et acide oxalique; l'intervention d'une quantité d'oxygène encore plus forte transforme l'acide urique en urée et en acide carbonique; l'allantoïne peut se représenter comme de l'urate d'urée. En comparant ensuite, avec les phénomènes de l'économie, les conditions chimiques, dans le cas cité, l'affluence de l'oxygène, nécessaires à la transformation de l'acide urique en urée, le chimiste reconnaît si ces conditions sont les mêmes, ou si elles sont différentes, et l'étude des différences fournit alors de nouvelles indications et conduit en définitive à l'explication des phénomènes.

L'urée et l'acide urique sont les produits des transformations que subissent les principes azotés du sang sous l'influence de l'eau et de l'oxygène. La chimie exprime par des formules les relations quantitatives qui existent entre ces principes, entre l'acide urique, l'urée, l'oxygène de l'air et les éléments de l'eau, et c'est par de semblables formules qu'elle explique enfin la formation de ces produits.

Il n'est pas besoin d'être savant pour comprendre que les différences entre les propriétés de deux corps sont dues soit à des différences dans le mode d'association, soit à des différences quantitatives dans la composition de leurs éléments. Les formules chimiques expriment à la fois ces différences d'association et de composition.

La chimie moderne ne saurait, même par l'analyse

la plus exacte, donner avec certitude la composition d'un corps organique, sans connaître les relations quantitatives qu'il présente avec un autre corps dont la formule est déjà parfaitement établie. Ce n'est qu'à l'aide de semblables relations qu'elle a pu déterminer, par exemple, la formule de l'essence d'amandes amères et celle de l'huile de pomme de terre. Lorsqu'il lui arrive de ne pas trouver de pareils rapports par l'observation directe, elle est obligée d'imaginer des expériences qui les lui apprennent. Dans ce dernier cas, le chimiste cherche à scinder, en deux ou en plusieurs produits, le corps dont il s'agit d'établir la formule; il examine les produits de l'action de l'oxygène, du chlore, des acides, des alcalis, sur ce corps, et, d'expérience en expérience, il finit par obtenir un ou plusieurs produits d'une composition entièrement connue. Alors il rattache la formule de ces produits à la formule cherchée; il trouve la somme totale au moyen de ses parties. Ainsi, par exemple, on ne peut pas déterminer par l'analyse le *nombre* des équivalents de carbone, d'hydrogène et d'oxygène contenus dans une molécule de sucre. De même, quelle que soit l'habileté d'un chimiste, elle ne saurait garantir l'exactitude de son analyse de la salicine ou de l'amygdaline. Mais le sucre se combine avec l'oxyde de plomb; le sucre se dédouble, par la fermentation, en alcool et en acide carbonique, deux corps dont les formules sont parfaitement connues; l'amygdaline se décompose en acide prussique, essence d'amandes amères et sucre; la salicine se trans-

forme en sucre et en saligénine. Connaissant le poids du corps inconnu, le poids des produits connus qui en résultent, et la formule de ces produits, on en déduit évidemment le nombre et les rapports des éléments contenus dans le corps inconnu, et l'on trouve ainsi la formule qui sert ensuite à vérifier ou à corriger les résultats de l'analyse.

Il est aisé, d'après cela, de saisir le véritable sens des formules chimiques. Une formule exacte exprime les relations quantitatives qu'un corps présente avec un ou plusieurs autres corps. La formule du sucre indique la somme des éléments qu'il renferme, et qui sont capables de se combiner avec un équivalent d'oxyde de plomb, ou bien la quantité d'acide carbonique et d'alcool en laquelle il peut se décomposer par la fermentation. On comprend donc pourquoi le chimiste est souvent obligé de scinder en un grand nombre de produits le corps dont il cherche la composition, pourquoi il étudie les combinaisons de ce corps. Toutes ces recherches lui servent à contrôler ses analyses. Aucune formule ne mérite confiance si le corps, dont elle doit exprimer la composition, n'a pas été soumis à ces opérations.

Quelques physiologistes modernes se sont livrés, dans l'emploi des formules chimiques, à des fantaisies dénuées de sens, pour avoir oublié qu'avant de pouvoir exprimer deux phénomènes par des nombres, il faut d'abord connaître les rapports que ces phénomènes présentent entre eux. Au lieu de chercher à formuler

par des nombres des relations réelles préalablement reconnues, ils en ont imaginé qui n'existent pas ou qui n'ont jamais été observées. C'est avoir entièrement méconnu le sens et le but des nombres.

TRENTE ET UNIÈME LETTRE.

Respiration. — Circulation du sang. — Contact de l'oxygène avec le sang dans les poumons. — Changement de couleur du sang. — Composition de l'air inspiré et de l'air expiré. — Réactions chimiques qu'éprouve le sang par la respiration. — Influence sur la respiration des proportions d'oxygène et d'acide carbonique contenues dans l'air. — Asphyxie dans l'air altéré par la respiration ; moyen de la prévenir. — Diminution du volume de l'air dans la respiration. — Quantité de chaleur dégagée par la respiration. — Rapports entre les fonctions du poumon, des reins et du foie.

Les altérations qu'éprouve l'air atmosphérique par la respiration ont été étudiées avec beaucoup de soin dans ces derniers temps. Il importe à l'hygiène de connaître les enseignements qu'on a recueillis sous ce rapport.

Les poumons, siége de la respiration, sont des poches formées par l'enchevêtrement de petits tubes de plus en plus ténus, dont les dernières ramifications, terminées en cul-de-sac dans les cellules dites pulmonaires, communiquent par la trachée-artère avec l'arrière-bouche et les fosses nasales, et de cette manière avec l'air extérieur. Les parois des cellules pulmonaires sont traversées par un réseau serré de vaisseaux capillaires, de telle sorte que l'air contenu dans les cellules n'est séparé du sang que par une membrane extrêmement mince, et que l'air et le sang sont mis en contact

immédiat par le liquide dont le sang imprègne les parois des vaisseaux. Les vaisseaux capillaires se réunissent peu à peu en branches, en rameaux plus gros, lesquels s'assemblent à leur tour pour former un certain nombre de troncs épais qui viennent enfin déboucher dans le cœur.

Le cœur est séparé par une cloison en deux moitiés, formant chacune deux cavités superposées, un ventricule et une oreillette, qui communiquent par une large ouverture munie de valvules. Les contractions du cœur sont la première cause du mouvement du sang. La contraction du ventricule droit pousse le sang, qui y afflue de l'oreillette droite, dans le poumon, par l'artère pulmonaire; du poumon, le sang passe par les troncs des veines pulmonaires dans l'oreillette et le ventricule gauches, d'où il est chassé, par la contraction de ces dernières cavités, dans un seul grand tronc, l'aorte, qui le répand dans les ramifications des artères de tout le corps. Le sang retourne ensuite par les veines, à l'état veineux, dans l'oreillette et le ventricule droits, pour faire de nouveau ce mouvement circulatoire tant que dure la vie.

Les contractions des cavités du cœur produisent les battements de ce viscère et le pouls dans les vaisseaux artériels. Chez l'homme adulte, chaque battement pousse, depuis le cœur, par les vaisseaux sanguins du poumon, une quantité de sang estimée par les physiologistes, d'après la capacité du ventricule droit, à 150 ou 180 grammes (Volkmann); le sang qui tra-

verse le poumon, par minute, s'élève par conséquent (si l'on compte en moyenne 72 pulsations), à la quantité énorme de 11 à 13,5 kilogrammes.

En même temps que le sang coule avec une si grande vitesse par les vaisseaux sanguins, l'air se renouvelle sans cesse dans les cellules du poumon, par l'effet des mouvements respiratoires. Dans l'état de santé et de calme, on compte 15 ou 16 inspirations; dans l'état de mouvement modéré, 20 inspirations. Un mouvement plus rapide augmente l'intensité et la profondeur, ainsi que la vitesse des inspirations. La quantité de l'air exhalé varie suivant la taille des individus et la capacité de leur thorax; on peut admettre, toutefois, qu'un homme adulte exhale, en moyenne, un demi-litre d'air; si les inspirations sont fortes et profondes, cette quantité peut doubler. Dans les mouvements d'expiration ordinaires les cellules pulmonaires de l'homme retiennent 6 à 8 fois autant d'air qu'il s'en échange par chaque inspiration. L'air qui est introduit se mêle avec l'air des cellules pulmonaires, et à chaque mouvement d'expiration une partie de ce dernier est expulsée et remplacée par de nouvel air.

Les innombrables vaisseaux capillaires contenus dans les poumons font en sorte qu'une surface énorme de sang veineux vient, par les parois des cellules, en contact avec l'air inspiré. Le sang éprouve ainsi une modification profonde : d'abord, sang veineux, d'un rouge presque noir il se convertit en sang artériel, d'un rouge vermeil, et acquiert des propriétés nouvelles

auxquelles est intimement liée la conservation des fonctions vitales.

En même temps que le sang change ainsi de couleur, l'air subit un changement de composition essentiel que nous allons examiner.

Les parties essentielles de l'air atmosphérique sont l'oxygène, l'azote, une petite quantité d'acide carbonique et d'ammoniaque, ainsi que des traces à peine sensibles de gaz combustibles; de même, l'air contient toujours de l'humidité, en proportions fort variables.

Les moyens employés par les chimistes, pour l'analyse de l'air, sont de la plus grande simplicité. La potasse caustique absorbant plus de 100 fois son volume d'acide carbonique, il est aisé de déterminer combien, par exemple, un mètre cube d'air renferme d'acide carbonique, en emplissant un tube d'une lessive de potasse et en y faisant doucement passer ce volume d'air préalablement desséché. L'oxygène de l'air se comporte d'une manière semblable avec du cuivre métallique chauffé au rouge : lorsqu'on dirige un mètre cube d'air, sec et privé d'acide carbonique, à travers un tube incandescent, rempli de tournure de cuivre, tout l'oxygène se fixe sur le métal, et l'augmentation de poids du tube indique, après l'opération, la quantité d'oxygène contenue dans l'air employé.

C'est par de semblables procédés qu'on a trouvé que l'air sec, exempt d'acide carbonique, contient en poids,

sur 1000 parties, 231 parties d'oxygène; le reste est de l'azote. Comme le gaz oxygène est, à volume égal, un peu plus pesant que l'azote, ces nombres donnent, pour 100 volumes d'air, 21 volumes d'oxygène (ou plus exactement 20,9, selon MM. Dumas, Brunner, Bunsen, Regnault). Quant à l'acide carbonique, 2000 volumes d'air renferment, terme moyen, un peu plus de 1 volume de ce gaz, ou 1000 volumes d'air en contiennent 3/4 de volume.

L'air exhalé dans la respiration présente une composition fort différente de la composition de l'air atmosphérique.

Lorsqu'on introduit une lessive concentrée de potasse (environ 1/40e du volume de l'air) dans un tube de verre, fermé par un bout, divisé en parties égales et rempli d'air exhalé sec, on voit immédiatement diminuer le volume de l'air, tout l'acide carbonique étant absorbé par la potasse. Si l'on fait arriver ensuite, dans la même lessive, une solution concentrée d'acide pyrogallique (la moitié environ du volume de la lessive), le mélange absorbe l'oxygène de l'air aussi rapidement que le ferait le cuivre métallique à la chaleur rouge; il s'opère ainsi une nouvelle diminution de volume, correspondant exactement à la proportion de l'oxygène contenu dans l'air. Le gaz restant est l'azote.

On trouve ainsi que 100 volumes d'air exhalé contiennent, la respiration étant normale, 3 1/2 à 5 volumes d'acide carbonique, et 16 1/2 à 15 volumes

d'oxygène. Au commencement de l'expérience l'air expiré renferme moins d'acide carbonique; lorsque les inspirations sont très profondes, on en trouve davantage, quelquefois jusqu'à 8 1/2 et 9 pour 100.

D'après cela, la proportion de l'oxygène diminue, dans l'air, d'un quart à un cinquième, par son contact avec le sang des poumons, tandis que la proportion de l'acide carbonique y devient plus de 100 fois plus forte.

La transformation du sang veineux en sang artériel, et le changement de couleur qui l'accompagne, reposent donc sur l'élimination d'une certaine quantité d'acide carbonique, qui est exhalée, et sur l'absorption d'une certaine quantité d'oxygène qui se combine avec les principes du sang. Une partie de l'oxygène de l'air se fixe conséquemment sur le sang, et, à sa place, l'air reçoit ordinairement un volume un peu plus faible d'acide carbonique.

Suivant les expériences de Prout, la proportion de l'acide carbonique exhalé augmente dans l'état de calme parfait ou de mouvement modéré, ainsi que par une basse pression atmosphérique; elle diminue, au contraire, lorsque la respiration est activée et brusque; toutefois la somme totale de l'acide carbonique est, dans ce dernier cas, plus grande. Les expériences qu'on a faites à cet égard indiquent qu'à 6 inspirations par minute, l'air exhalé contient 5,7, à 12 inspirations 4,1, à 24 inspirations 3,3, et à 48 inspirations 2,9 centièmes d'acide carbonique. Pour 6 inspirations par minute, la quantité de l'acide carbonique exhalé s'élève

à 171, pour 12 inspirations à 396, et pour 48 inspirations à 696 centimètres cubes (Vierordt).

Ces nombres dénotent l'influence des inspirations fortes et fréquentes sur l'acte même de la respiration : elles ont évidemment pour effet d'augmenter puissamment l'élimination de l'acide carbonique, c'est-à-dire la décarburation du sang.

On a tout lieu de croire que la quantité d'oxygène qui passe dans le sang est en relation directe avec l'accroissement ou la diminution de la proportion de l'acide carbonique exhalé ; que, par conséquent, le sang reçoit d'autant plus d'oxygène qu'il rejette à l'air, dans le même temps, plus d'acide carbonique.

Le sang qu'on agite avec de l'air lui enlève en oxygène plus du dixième de son volume, et le gaz ainsi absorbé se dégage de nouveau, presque entièrement, lorsqu'on secoue le sang avec un excès d'acide carbonique. Si l'on agite avec de l'air le sang saturé de gaz carbonique, ce gaz se développe, et, à sa place, il s'absorbe de l'oxygène, lequel peut à son tour être ainsi déplacé par l'acide carbonique (1).

D'après les expériences de M. Magnus, le sang artériel non agité avec de l'air, mais saturé, au sortir des vaisseaux, par du gaz carbonique, fournit plus de 10

(1) Il existe deux opinions contraires sur la forme sous laquelle l'oxygène inspiré serait contenu dans le sang. D'après l'une, l'élimination du gaz oxygène par un excès de gaz carbonique serait une preuve évidente que cet oxygène n'est pas chimiquement com-

pour 100 de son volume de gaz oxygène. Dans ce traitement, le sang devient alternativement vermeil comme le sang artériel, et rouge noirâtre comme le sang veineux.

biné avec le sang, mais qu'il y est simplement *absorbé*. Le sens qu'on attache à cette expression ne me semble pas exact. En effet, tandis que 1000 volumes d'eau agités et complétement saturés avec de l'air n'absorbent que 9 1/4 volumes d'oxygène et 18 1/2 volumes d'azote (Gay-Lussac), 1000 volumes de sang, suivant les excellentes expériences de M. Magnus, fixent 100 à 130 volumes d'oxygène et seulement 17 à 33 volumes d'azote. Ces résultats indiquent évidemment que l'oxygène fixé par le sang, comme liquide, ne peut y être contenu qu'en partie à l'état absorbé, puisque l'eau, le liquide du sang, absorbe elle-même, à proportions égales, 11 à 14 fois moins de gaz oxygène que le sang. La plus grande faculté d'absorption du sang est due nécessairement à certaines parties constituantes qui ont plus d'affinité que l'eau pour l'oxygène. Sans doute, l'intensité de l'attraction qui retient l'oxygène dans le sang est très faible, mais il ne s'ensuit pas que cet oxygène n'y soit pas en combinaison chimique. On peut augmenter la faculté d'absorption de l'eau pour beaucoup de gaz, en y ajoutant des substances qui ont pour les gaz une affinité chimique, même très faible. Ainsi, lorsqu'on ajoute à l'eau du phosphate de soude, on augmente sa faculté d'absorber l'acide carbonique : la présence d'un centième de ce sel donne au liquide la propriété d'absorber deux fois plus d'acide carbonique que n'en absorberait l'eau pure sous la pression ordinaire. Une solution aqueuse de sulfate de fer absorbe jusqu'à 40 fois plus de bioxyde d'azote que l'eau pure; les gaz absorbés se dégagent des deux liquides dans le vide ; on peut même déjà les en expulser en agitant le premier liquide avec de l'air, le second avec du gaz carbonique.

Personne ne songe à considérer ces phénomènes, si semblables à ceux que présente le sang, comme la preuve que l'acide carbonique, dans la solution du phosphate de soude, ou le bioxyde

8

Ces faits démontrent que l'acide carbonique et l'oxygène exercent sur le sang des actions contraires. Il s'opère un déplacement de gaz carbonique et une fixation

d'azote, dans la solution du sulfate de fer, y seraient simplement absorbés et non combinés chimiquement : on sait, en effet, que dans ces cas la faculté dissolvante de l'eau pour les gaz dépend de la quantité des sels qu'elle renferme en dissolution ; et puisque la quantité du gaz qui s'absorbe augmente, à un certain degré, avec la proportion du sel dissous, on en conclut nécessairement que l'absorption du gaz dépend du sel et non de l'eau.

L'absorption d'un gaz par un liquide est due à deux causes : l'une, extérieure, consiste dans la pression exercée sur le gaz en contact avec le liquide; l'autre, chimique, est l'attraction manifestée par les parties constituantes du liquide.

Dans tous les cas où un gaz est contenu dans un liquide simplement à l'état absorbé et non en combinaison chimique, la quantité du gaz absorbé ne dépend absolument que de la pression extérieure; elle augmente ou diminue à mesure que cette pression augmente ou diminue. Lorsqu'on agite la solution du phosphate de soude avec le gaz carbonique, et qu'on la sature ainsi sous la pression ordinaire, elle absorbe deux fois plus d'acide carbonique que l'eau dans ces circonstances; on voit, en opérant ensuite sous une pression double, que la faculté d'absorption de la solution n'augmente pas dans le même rapport, mais que cette augmentation est bien moindre. En effet, la solution saline saturée se comporte avec l'acide carbonique, sous cette double pression, comme le ferait l'eau saturée de gaz carbonique sous la pression simple; la faculté d'absorber l'acide carbonique n'augmente donc pas plus pour la solution de phosphate de soude que pour l'eau pure, parce que l'attraction chimique qui exalte d'abord la faculté d'absorption de l'eau ne continue pas d'agir. Il en est de même du sulfate de fer, saturé de bioxyde d'azote sous une forte pression : si, sous la pression ordinaire, une semblable

de gaz oxygène, lorsque l'air extérieur contient une certaine quantité d'oxygène ; mais si l'air renferme un excès d'acide carbonique, c'est au contraire l'oxygène qui est

solution se sature, par exemple, de 100 volumes de bioxyde d'azote, elle n'absorbera pas 100 volumes de plus sous une pression double, mais seulement 10 volumes, c'est-à-dire qu'elle n'absorbera pas plus que l'eau n'en eût absorbé dans les mêmes circonstances.

Le sang se comporte absolument comme ces liquides. Si l'oxygène y était simplement absorbé, le sang, en dissolvant l'oxygène de l'air qui n'en contient que 1/5e, devrait, sous la pression simple, absorber 12 pour 100 d'oxygène, sous la pression double deux fois autant ; agité avec de l'oxygène pur, il devrait en dissoudre environ le quintuple.

Tant qu'on n'aura pas démontré que la faculté d'absorption du sang par l'oxygène change ainsi suivant la pression, il faut admettre que cette faculté est due à une attraction chimique, ayant pour effet de produire dans le sang une combinaison chimique. Si l'on considère d'ailleurs les résultats des expériences de MM. Regnault et Reiset, où l'on a fait respirer des animaux dans une atmosphère bien chargée d'oxygène, et cet autre fait que la respiration est la même sur les plateaux élevés de l'Amérique centrale que sur les bords de la mer, on est conduit à admettre que le sang absorbe une quantité d'oxygène constante, indépendante, jusqu'à un certain degré, de la pression extérieure. La ville de Puno, aux environs du lac Titicaca et à 4,000 mètres au-dessus de la mer, compte 12,000 âmes ; la ville de Potosi, en Bolivie, située à une hauteur de 4,150 mètres, en compte 30,000 : or, dans ces pays, les hommes n'introduisent dans le poumon, par chaque inspiration, qu'un peu plus des deux tiers de la quantité d'oxygène qu'y introduisent les habitants des bords de la mer. On conçoit que, si la quantité de l'oxygène *absorbé* était dans le même rapport, un pareil changement exercerait sur les fonctions vitales une influence qui n'aurait pas échappé à la science.

déplacé. Lorsque les deux gaz sont contenus dans l'air en une certaine proportion, ils se font réciproquement équilibre : alors le sang ne peut pas subir de changement, le sang veineux ne peut pas se convertir en sang artériel.

S'il est vrai que la quantité d'oxygène pouvant en général se dissoudre dans le sang dépende, sous certains rapports, de la quantité d'acide carbonique qui peut s'éliminer, il est évident que l'augmentation, dans l'air, de la proportion de l'oxygène, doit être sans influence sur l'acte respiratoire. C'est ce que MM. Regnault et Reiset ont parfaitement établi par leurs belles expériences. D'après ces observateurs, les animaux qui respiraient pendant longtemps (22 à 24 heures) dans une atmosphère contenant 2 à 3 fois plus d'oxygène que l'air, n'éprouvaient aucune gêne et les produits de leur respiration étaient les mêmes que dans l'air normal.

Ces résultats, joints à ceux de M. Magnus, démontrent que le poumon n'est pas le véritable siége de la formation de l'acide carbonique, qu'il n'est pas une source de chaleur, semblable au foyer d'un fourneau. La vérité est que le sang artériel représente un courant d'oxygène qui, en circulant dans les vaisseaux les plus ténus du corps, détermine la formation de produits d'oxydation ou de combustion, parmi lesquels se trouve l'acide carbonique, et donne ainsi lieu à un dégagement de chaleur.

Les rapports de dépendance qui existent entre l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique paraissent aussi indiquer que les mêmes agents de

transport sont communs aux deux gaz : ces agents sont les globules du sang. Ils fixent l'oxygène de l'air dans le poumon tout comme ils fixent l'acide carbonique produit dans la circulation : ils ne sauraient, par conséquent, absorber plus d'oxygène qu'ils n'ont dégagé d'acide carbonique, car l'un des gaz prend simplement la place de l'autre, et les deux gaz ne peuvent pas se trouver à la fois à la même place.

Voici un autre fait également évident. La présence de l'acide carbonique dans l'air est la principale cause qui entrave le déplacement de l'acide carbonique du sang, et par conséquent l'absorption de l'oxygène par ce liquide. Lorsque la proportion de l'acide carbonique augmente dans l'air, l'absorption de l'oxygène en est entravée, lors même que la proportion de l'oxygène ne change pas : cet effet pernicieux de l'acide carbonique ne pourrait être neutralisé que par une augmentation proportionnelle de l'oxygène. Une semblable augmentation de l'oxygène ne se présente jamais dans les circonstances ordinaires ; mais, dans les expériences de MM. Regnault et Reiset, des animaux ont pu respirer dans une atmosphère contenant 1 1/2 à 2 fois autant d'oxygène que l'air normal, en même temps que 17 à 23 pour 100 d'acide carbonique, sans qu'on aperçût aucun effet fâcheux au bout de 22 à 26 heures. Une aussi forte proportion d'acide carbonique dans l'air ordinaire serait absolument mortelle.

On sait que l'homme et les animaux périssent rapidement en respirant de l'acide carbonique pur, tandis

qu'ils conservent la vie bien plus longtemps dans le gaz azote et dans le gaz hydrogène. Cette circonstance s'explique en ce que, dans une atmosphère d'acide carbonique, le sang n'émet pas d'acide carbonique, mais qu'il en prend, au contraire, davantage, de telle sorte que la faible proportion d'oxygène contenue dans le sang veineux est éliminée, et qu'ainsi les fonctions vitales du sang se trouvent entravées et même entièrement arrêtées.

D'après ce qui précède, pour que la formation du sang artériel s'opère rapidement et d'une manière complète, pour que l'acide carbonique soit graduellement éliminé, la condition la plus favorable est le renouvellement rapide de l'air dans les cellules pulmonaires.

Dès que l'air à respirer présente la même composition que l'air exhalé, les conditions de la respiration ne sont plus remplies. L'air exhalé est de l'air consumé qui ne peut plus, dans le poumon, servir une seconde fois aux mêmes fonctions : il ne transforme plus le sang veineux en sang artériel; il gêne, au contraire, la respiration, et produit les mêmes effets d'asphyxie que l'occlusion de la bouche et du nez.

Dans ce cas, la mort est due à deux causes : au manque d'oxygène dans l'air à respirer et à la présence de l'acide carbonique qui empêche l'absorption ultérieure de l'oxygène. Dans une des expériences de MM. Regnault et Reiset, un chien de trois ans fut près d'expirer dans une atmosphère dont l'oxygène était réduit à 4 1/2 centièmes, la proportion de l'acide car-

bonique étant de 9 3/4 centièmes; mais il se rétablit bientôt à l'air libre et fut au bout d'une heure aussi alerte qu'auparavant. Dans ces expériences, l'acide carbonique exhalé était en grande partie absorbé par une lessive de potasse placée dans l'espace même où respirait l'animal.

Si l'on compte, dans l'état de repos, 15 inspirations par minute et 1/2 litre d'air par mouvement d'expiration, l'air exhalé contenant 5 centièmes d'acide carbonique et 15 centièmes d'oxygène, on trouve qu'en vingt-quatre heures un homme produit 540 litres d'acide carbonique et consomme 10,800 litres d'air (1).

Un homme ne pourrait pas respirer sans difficulté pendant vingt-quatre heures dans un espace confiné, n'ayant que huit pieds de haut sur neuf de long et huit de large. Au bout de ce temps, l'air confiné aurait la composition de l'air exhalé; un plus long séjour dans un semblable espace occasionnerait une maladie, et finalement la mort.

Suivant Lavoisier et Seguin, la proportion de l'acide carbonique peut, dans l'air exhalé, augmenter jusqu'à 10 pour 100 si on le respire de nouveau; mais, passé ce chiffre, elle ne s'accroît plus, lors même qu'on continue de le respirer, ce qui d'ailleurs ne réussit que peu de temps. Ce chiffre d'acide carbonique peut être consi-

(1) D'après les expériences qui ont été faites, ces chiffres peuvent être considérés comme un minimum de l'acide carbonique produit. A dix-huit inspirations, la consommation de l'oxygène est déjà plus forte d'un cinquième.

déré comme la limite au delà de laquelle la vie de l'homme est compromise.

Les cas ne sont pas rares où la mort est l'effet de l'insuffisance de l'air dans un espace occupé par beaucoup de personnes. L'un des plus affreux accidents de ce genre eut lieu l'an passé sur les côtes d'Angleterre, à bord d'un bâtiment chargé d'émigrants qui se trouvaient enfermés dans la cale pendant un orage : plus de soixante personnes perdirent ainsi la vie en moins de six heures.

Lorsque beaucoup de personnes respirent dans un espace dont l'air ne se renouvelle qu'imparfaitement à la faveur des jointures des portes et des fenêtres, on remarque l'altération de l'air à l'allongement et à la tristesse de la flamme des bougies.

L'idée seule de respirer l'air ayant séjourné dans le poumon d'une autre personne, même bien portante, produit un malaise. La présence, dans l'air, de 1 centimètre seulement d'acide carbonique cause une indisposition très sensible. Aussi rien n'est plus nécessaire qu'une ventilation bien entendue dans tous les espaces où sont réunies beaucoup de personnes.

Dans un espace semblable, un homme adulte a besoin, par heure, d'au moins 6 mètres cubes d'air pur ; ordinairement on en compte moitié plus. En examinant la composition de l'air de la Chambre des députés de Paris, dont la capacité est de 5,000 mètres cubes, M. Leblanc trouva, le nombre des assistants étant de 600 personnes et la ventilation donnant un écoule-

ment, par seconde, de 11,000 mètres cubes, que l'air écoulé contenait encore, sur 400 parties, une partie d'acide carbonique, c'est-à-dire 2 1/2 fois plus que n'en renferme l'air atmosphérique.

On pourrait, pendant quelque temps, suppléer avec avantage à la ventilation par l'emploi de l'hydrate de chaux, pour assainir les espaces confinés, comme les navires, les chambres de malades, les dortoirs. C'est que la chaux absorbe l'acide carbonique avec beaucoup d'avidité ; dans un espace rempli de ce gaz, celui-ci est promptement enlevé par de l'hydrate de chaux répandu en couche mince sur une planche.

Un pied cube d'hydrate de chaux (pesant à l'état humide 18 à 20 livres et contenant 66 pour 100 de chaux) absorbe pour se carbonater plus de 1,100 litres de gaz acide carbonique. Quelques livres d'hydrate de chaux suffiraient donc pour neutraliser l'effet pernicieux de l'acide carbonique dans un petit espace limité, et permettraient à l'homme d'y vivre trois ou quatre fois plus longtemps. Un semblable espace n'étant pas clos hermétiquement, la place de l'acide carbonique absorbé serait aussitôt remplie par un volume égal d'air frais pénétrant du dehors. Le seul inconvénient que présente l'emploi de l'hydrate de chaux, c'est qu'à mesure que l'acide carbonique s'absorbe et se combine, l'eau d'hydratation de ce corps devient libre et se vaporise en partie ; de sorte qu'on finit bientôt par respirer dans une atmosphère saturée de vapeurs d'eau. Les personnes qui habitent des maisons nouvellement bâ-

ties connaissent bien ce désagrément : les appartements y sont tellement humides pendant les premiers mois, surtout en hiver, que des gouttelettes d'eau se condensent sur les fenêtres et sur les murs froids.

Dans des maisons exposées pendant des années à l'action desséchante de l'air, ce phénomène se présente alors seulement qu'elles sont habitées : il n'est pas dû à l'humidité des murs, mais à l'hydrate de chaux contenu dans le mortier, d'ailleurs tout sec, mais qui renferme en combinaison chimique 24 centièmes d'eau, lesquels ne se dégagent à l'état de véritable humidité que lorsque l'hydrate de chaux rencontre de l'acide carbonique en abondance, comme c'est le cas dans les appartements habités.

L'entretien de la vie et de la santé, la constance de la température du corps, sont dans un rapport intime avec la respiration, dont le fonctionnement régulier est entièrement subordonné à la composition de l'air atmosphérique. Dès que cette composition change d'une manière passagère ou persistante, il en résulte aussitôt un dérangement passager ou persistant de toutes les fonctions vitales.

Le séjour dans les contrées basses où l'air ne se renouvelle pas, dans des endroits humides où des matières organiques se pourrissent et produisent de l'acide carbonique, ou enfin dans une atmosphère à la fois très chaude et saturée d'humidité, voilà les causes prochaines de beaucoup de maladies, comme le savent fort bien les médecins. Dans les dortoirs où se trouvent

des plantes qui absorbent la nuit de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique, dans les espaces fermés où brûlent beaucoup de lumières (1), l'air atmosphérique prend peu à peu les caractères et la composition de l'air exhalé dans la respiration, et devient ainsi préjudiciable aux fonctions respiratoires.

Nous avons dit que le volume de l'acide carbonique exhalé dans la respiration n'est pas égal au volume de l'oxygène fixé par le sang, mais qu'il est moindre. Or, si l'on brûle le carbone dans un certain volume d'oxygène, le volume du gaz carbonique produit est le même; un volume de gaz carbonique renferme un volume de gaz oxygène. Si donc l'oxygène absorbé par le sang n'était employé dans l'économie qu'à former de l'acide carbonique, il faudrait obtenir un volume d'acide carbonique égal au volume de l'oxygène consommé, ce qui est contraire à l'expérience, ainsi que nous venons de le rappeler.

Le rapport entre l'oxygène contenu dans l'acide carbonique expiré et la somme de l'oxygène absorbé est très variable, et dépend, jusqu'à un certain degré, de la nature des aliments. Il s'exhale plus d'acide carbonique par une nourriture végétale, et bien moins par une nourriture animale. Chez les herbivores, l'oxygène

(1) Un mètre cube de gaz de la houille fixe, en brûlant, 2 à 2 1/2 mètres cubes d'oxygène, et produit 1 à 2 mètres cubes de gaz acide carbonique.

contenu dans l'acide carbonique exhalé s'élève à huit ou à neuf dixièmes ; chez les carnivores, aux trois quarts environ de la somme de l'oxygène inspiré. Ce rapport est le même chez les animaux affamés, qu'ils soient carnivores ou herbivores, que chez les animaux nourris de viande, ce qui prouve évidemment que, dans l'état d'abstinence, l'oxygène fixé par le sang se combine avec les mêmes substances, c'est-à-dire que la respiration est entretenue aux dépens des parties du corps.

Il est aisé de dire ce que deviennent les 10 à 25 pour 100 d'oxygène qui paraissent disparaître dans la respiration, si l'on songe que le corps des animaux ne renferme, outre le carbone et l'hydrogène, qu'une très petite quantité de soufre, comme substance susceptible de se brûler, c'est-à-dire de se combiner avec l'oxygène. Sans aucun doute, la majeure partie de cet oxygène sert à former de l'eau. On n'a qu'à se rappeler, pour en avoir la preuve, la disparition de la graisse, si riche en hydrogène, chez les individus qui souffrent de la faim, ou la disparition de l'alcool des boissons spiritueuses, ingérées dans l'économie. Cette formation de l'eau explique ce fait que les marmottes, pendant leur sommeil d'hiver, augmentent de poids par la respiration ; dans cet état, ces animaux n'ingèrent pas d'eau, et cependant ils émettent de temps en temps de l'eau par les urines, après quoi, bien entendu, ils présentent une diminution de poids qui est en rapport avec l'oxygène absorbé et converti en acide carbonique et en eau.

On connaît exactement la quantité de chaleur qui est dégagée par la transformation de l'oxygène en acide carbonique et en eau. Si l'on place une lampe à esprit-de-vin, dont le poids est connu, sous une théière remplie d'eau, et qu'on la souffle au moment où l'eau se met à bouillir, on trouve aisément, par une nouvelle pesée de la lampe, combien d'alcool a été brûlé pour échauffer l'eau à la température de l'ébullition. Connaissant, de même, le poids de l'eau employée, on peut, par un calcul fort simple, déterminer combien un gramme d'alcool produit de degrés de chaleur en se combinant avec l'oxygène. A l'aide d'un appareil disposé de manière à recueillir dans l'eau toute la chaleur dégagée par la combustion, on a trouvé qu'un gramme d'alcool pur peut porter à l'ébullition 69 grammes d'eau à zéro. Chacun de ces 69 grammes d'eau reçoit donc 100 degrés de chaleur, et ensemble ils reçoivent 69 fois 100 ou 6,900 degrés de chaleur. Ce chiffre de 6,900 exprime la quantité de chaleur produite ou devenue libre en degrés de chaleur qu'a reçus le poids d'eau connu.

On a déterminé, par un procédé semblable, la chaleur de combustion du carbone et de l'hydrogène, de la houille, du bois, de la tourbe, etc. La chaleur de combustion de la houille est 5,625 : avec un kilogramme de houille on peut porter 56 1/4 kil. d'eau du point de congélation à l'ébullition, ou 562 1/2 kil. à 10 degrés, ou 5,625 kil. à 1 degré. L'unité de chaleur, comme on le voit, n'est pas un degré thermométrique ordinaire, mais c'est la quantité de chaleur que reçoit un poids

d'eau, égal au poids de la matière brûlée, pour élever sa température d'un degré du thermomètre centigrade.

La chaleur de combustion du carbone pur est plus considérable que celle du charbon de terre. Elle s'élève, d'après M. Andrews, à 7,881 unités; la chaleur de combustion de l'hydrogène est de 33,808 unités. La combustion de l'hydrogène produit de l'eau, la combustion du carbone donne de l'acide carbonique; et comme l'eau contient en oxygène 8 fois le poids de son hydrogène, comme l'acide carbonique renferme en oxygène 2 2/3 fois le poids de son carbone, on en déduit, pour chaque poids d'oxygène passant à l'état d'acide carbonique, 2,950 unités de chaleur, et pour chaque poids d'oxygène passant à l'état d'eau, 4,226 unités de chaleur.

Connaissant, d'après cela, la quantité de l'oxygène consommé par un animal en 24 heures, ainsi que la quantité de l'acide carbonique exhalé et de l'eau produite (calculée sur l'oxygène consommé), il est aisé de calculer toute la quantité de chaleur qu'un animal dégage par la respiration. On comprend aussi qu'en faisant respirer un animal dans un appareil convenable, entouré d'eau froide, on peut, par l'augmentation de température de l'eau, déterminer le nombre des unités de chaleur que l'animal cède au milieu qui l'entoure, dans un temps donné.

C'est par un semblable procédé qu'on s'est assuré que le nombre des unités de chaleur dégagées dans le corps d'un animal est sensiblement le même que celui qu'on

obtiendrait avec un appareil où, par une combustion de carbone et d'hydrogène, on transformerait en acide carbonique et en eau une quantité d'oxygène correspondant à l'acide carbonique exhalé et à l'oxygène disparu. La question relative à l'origine de la chaleur animale se trouve ainsi résolue d'une manière satisfaisante.

Beaucoup de maladies chroniques, et peut-être la plupart, sont causées par un trouble survenu dans les rapports entre les fonctions des organes de digestion et de sécrétion, et les fonctions du poumon. Une comparaison triviale le fera comprendre : dans un poêle dont la cheminée serait obstruée par la suie, ou qui serait trop chargé de combustible, le feu ne pourrait pas brûler, comme si l'on bouchait la grille pour empêcher l'accès de l'air au foyer.

Dans une machine d'une construction aussi parfaite que l'organisme, il existe évidemment de semblables rapports de dépendance entre le poumon, le canal intestinal et les reins.

Depuis longtemps les médecins intelligents savent par expérience que les reins et le canal intestinal sont les régulateurs de la respiration. Le canal intestinal est un organe de sécrétion ; il est, si l'on veut, la cheminée de l'organisme ; les parties fétides des fèces sont la suie que le canal intestinal sépare du sang ; l'urine représente la fumée, c'est-à-dire les parties solubles, alcalines ou acides.

C'est une erreur de croire que les fèces se composent

de substances en état de putréfaction, et qu'elles doivent leur odeur à cet état. On a fait des expériences qui prouvent que les fèces de la vache, du cheval, de la brebis et de l'homme bien portant, ne se trouvent pas en putréfaction ; aucune substance putrescente ne possède l'odeur particulière à ces évacuations, et les parties odorantes qu'elles renferment peuvent se produire artificiellement avec tous leurs caractères repoussants, par l'oxydation de l'albumine, de la fibrine, etc. L'urine de cheval et de vache renferme aussi, en forte proportion, une substance, laquelle fournit, par l'action des acides, un produit poisseux, entièrement semblable au goudron ; on y trouve, en outre, de l'hydrate de phényle (acide carbolique), ce principe essentiel du goudron de bois ordinaire et de la créosote.

C'est par l'harmonie dans les organes de sécrétion que le sang conserve la composition nécessaire à la nutrition. Manger beaucoup, comme cela se fait volontiers partout, c'est surcharger le foyer de combustible ; un léger excès de substances passant de l'estomac dans la circulation ne trouble pas les fonctions vitales, chez les individus bien portants, parce que l'excédant non consommé par la respiration dans un temps donné est évacué par les intestins ou par les reins, dans un état plus ou moins altéré. Sous ce rapport, le canal intestinal et les reins s'entr'aident réciproquement. Lorsque, à la suite d'une semblable surcharge du sang ou d'un manque d'oxygène, l'urine contient un excès de substances organiques non brûlées, lorsqu'elle est foncée

et rendue trouble par de l'acide urique, cela dénote souvent un défaut d'activité des intestins; dans ce cas, un simple purgatif rétablit ordinairement l'équilibre et rend à l'urine sa transparence et sa couleur ordinaires, en expulsant du sang les substances incomplétement oxydées (Prout).

Le poumon est par lui-même un organe passif; l'acte principal qu'il accomplit n'est point déterminé, comme dans les glandes et les organes de sécrétion, par une cause intérieure, mais c'est une cause extérieure qui le fait fonctionner. Le poumon est privé de cette activité puissante qui, dans d'autres organes, s'oppose aux perturbations extérieures et les neutralise. La poussière, les parties solides, minérales ou organiques, introduites par la respiration dans le poumon, y produisent des dépôts organiques, semblables à ceux qui s'y forment par l'effet de causes intérieures. Il s'accumule donc de la fumée et de la suie dans le poumon ou dans les tissus, c'est-à-dire qu'il s'y développe des matières anormales, toutes les fois que les fonctions des intestins et des reins sont troublées ou entravées dans leur marche régulière par des causes de maladies.

De semblables rapports de dépendance existent entre le poumon et le foie. Chez les animaux inférieurs, comme chez le fœtus, la grosseur du foie est en raison inverse du développement imparfait des organes de la respiration; chez les animaux supérieurs, en bonne santé, on voit ordinairement un petit poumon en même temps qu'un gros foie (Tiedemann).

On peut caractériser le foie en disant qu'il sert de magasin aux substances destinées à la respiration, qu'il est l'atelier où elles reçoivent la façon et les caractères propres à la production de la chaleur. Le foie est petit quand le poumon est plus développé ; plus la consommation du combustible est rapide et parfaite, moins il encombre le magasin. L'étendue du magasin doit donc être dans un rapport défini avec la vitesse de cette consommation.

TRENTE-DEUXIÈME LETTRE.

Aliments. — Albumine, base des aliments; fibrine de la viande, caséine. — Analogie de certains principes végétaux avec ces substances animales. — Gluten, légumine, albumine végétale; leur composition et leurs propriétés. — Identité de leurs produits de décomposition. — Aliments plastiques.

J'ai essayé, dans ma dernière lettre, de vous donner quelques explications sur les fonctions si simples et pourtant si admirables que l'oxygène de l'atmosphère remplit dans l'économie. Permettez-moi, aujourd'hui, d'y ajouter quelques remarques sur les matières destinées à maintenir l'harmonie de ces fonctions, c'est-à-dire sur les *aliments.*

Si l'accroissement du corps, le développement de ses organes, la reproduction de l'espèce, se font par les éléments du sang, il est évident qu'il n'y a que les matières contenant les éléments du sang sous une forme propre à la sanguification qui puissent être considérées comme aliments.

Le sang renferme 79 à 80 pour 100 d'eau et 20 à 21 pour 100 de parties solides, dont 1 1/4 à 1 1/2 pour 100 sont incombustibles, et restent à l'état de cendres après la combustion. Le caillot contient les globules emprisonnés dans la fibrine, qui ne s'élève pas à plus de 3/10es pour 100 du sang entier. Les globules ren-

ferment la matière colorante du sang, laquelle est remarquable en ce qu'elle renferme toujours beaucoup de fer; ils contiennent en outre la partie essentielle du sérum, l'*albumine*, à laquelle le sérum doit les propriétés du blanc d'œuf. Le sang se coagule par la chaleur comme le blanc d'œuf; la partie coagulable du sang constitue l'albumine.

La moitié des principes incombustibles du sang se compose de sel marin. Outre ce sel, le sang contient, soit en dissolution dans le sérum, soit en combinaison chimique avec les principes combustibles, de la chaux, de la magnésie, de la potasse, de la soude, de l'acide phosphorique et de l'acide carbonique. Déduction faite du sel marin, l'oxyde de fer fait les 17 à 20 centièmes des cendres du sang. A part les corps précédents, le sang renferme encore quelques matières grasses, parmi lesquelles plusieurs diffèrent, par certains caractères, des graisses ordinaires.

L'importance du rôle de l'albumine dans l'économie animale se conçoit aisément, si l'on se rappelle le développement du poulet dans l'œuf. L'albumine du blanc et du jaune d'œuf contient du soufre et de l'azote comme l'albumine du sang; les deux albumines renferment pour 1 équivalent d'azote 8 équivalents de carbone, et, outre ces corps simples, les éléments de l'eau dans les mêmes proportions; sauf une légère quantité de soufre que l'albumine de l'œuf contient en plus, ces deux albumines sont identiques sous le rapport de la composition et des propriétés.

Or, sous l'influence de la chaleur et de l'oxygène, pénétrant par les pores de la coque, c'est-à-dire sous l'influence des mêmes conditions dans lesquelles s'effectue la respiration, l'albumine donne naissance, dans l'œuf fécondé, à toutes les parties de l'organisme, aux plumes, aux griffes, à la fibre musculaire, aux membranes, aux cellules, aux globules du sang, aux vaisseaux sanguins et aux vaisseaux lymphatiques, aux os, etc. L'albumine est donc la base, le point de départ de toute cette série de tissus particuliers qui sont le siége des activités organiques. Les éléments des organes doués de forme et de vie sont primitivement les éléments de l'albumine; ces organes sont les produits de certaines métamorphoses que l'albumine subit dans l'économie vivante, sous l'influence de la chaleur et de l'oxygène.

Semblable à l'albumine de l'œuf, l'albumine du sang remplit le premier rôle dans le développement du fœtus, où il arrive du dehors. Les parties constituantes de l'albumine du sang prennent part à tous les actes de l'économie; elles déterminent l'accroissement du corps, la production et la reproduction de tous les organes, dans le fœtus comme dans l'animal adulte. L'albumine entre d'ailleurs dans la composition du cerveau, des nerfs, du foie, des reins, de la rate et de toutes les glandes.

Dans tout le règne organisé, partout où se développe la vie animale, on voit les fonctions vitales dépendre de la présence de l'albumine du sang. La con-

servation de la vie est intimement liée à l'existence de ce principe dans le sang ou dans le liquide nourricier.

L'albumine réunit donc toutes les conditions d'un corps essentiellement nutritif, et l'expression d'*aliment* ne convient, à proprement parler, qu'à des matières contenant de l'albumine ou une substance capable de se convertir en albumine.

Les aliments étant considérés au point de vue que je viens d'exposer, on arrive, comme on le voit, à une loi générale d'une merveilleuse simplicité.

On sait, par l'expérience de tous les jours, que la viande est la plus nourrissante de toutes les substances alimentaires. Elle renferme, comme partie essentielle, la fibre musculaire ou *fibrine*, dont la proportion s'élève à environ 70 centièmes du poids de la viande sèche, exempte de graisse. La substance musculaire est enveloppée, dans la chair, de membranes ténues; une foule de nerfs s'y ramifient, ainsi que de nombreux petits vaisseaux remplis de liquides incolores ou colorés.

L'analyse chimique rend parfaitement compte des propriétés nutritives de la viande, en montrant que la fibrine de la chair et la fibrine du sang contiennent les mêmes éléments dans les mêmes proportions : ces deux fibrines ont entre elles les mêmes rapports que le blanc d'œuf liquide ou l'albumine du sang, et l'albumine coagulée par la chaleur; la fibrine de la chair n'est autre chose, sous le rapport de la composition,

que de l'albumine du sang solidifiée et façonnée. La différence, s'il y en a, est si faible, que deux analyses faites sur l'albumine du sang ne présentent pas plus de divergence qu'on n'en trouve entre une analyse de la fibrine musculaire et une analyse de l'albumine du sang (1). En somme, le sang offre la même composition que la chair.

D'après cela, la chair, par la fibrine qu'elle renferme, présente une des conditions essentielles à la sanguification ; semblable au blanc d'œuf cuit, cette fibrine se dissout dans la digestion, devient liquide et peut ainsi se convertir en sang. Il serait puéril, au point où en sont nos connaissances sur la nutrition des carnivores, d'exiger la preuve qu'en réalité la fibre musculaire digérée peut de nouveau, dans l'économie vivante, acquérir les propriétés de l'albumine du sang. Rien ne serait plus aisé, d'ailleurs, que de fournir cette preuve, la fibre musculaire pouvant, en dehors de l'économie, être convertie en albumine, au moyen d'une réaction semblable à celle qui fluidifie les aliments dans l'estomac. En effet, si l'on abandonne au contact de l'air de la fibrine recouverte d'eau, il s'en décompose une petite quantité, et cette décomposition a pour effet de rendre tout le reste liquide et soluble dans l'eau ; la solution se comporte comme le sérum du sang, et se prend, par la chaleur, en un coagulum blanc, dont les propriétés sont identiques avec celles de l'albumine du sang.

(1) *Annal. der Chem. u. Pharm.*, t. LXXIII, p. 126.

Lorsqu'on examine le lait, cet important aliment préparé par la nature, dans le corps de la mère, pour le développement du jeune animal, on y trouve une substance, la *caséine*, dans la composition de laquelle, comme dans celle de l'albumine, entrent le soufre et l'azote; et, comme le lait ne renferme pas d'autre principe azoté, il est certain que c'est de la caséine seule que se forment, chez le nourrisson, dans la première période de sa vie, les parties essentielles du sang, la fibre musculaire, les membranes, les cellules.

La caséine diffère, par ses propriétés, de l'albumine et de la fibrine de la chair; elle est maintenue en dissolution dans le lait à la faveur d'un alcali, et l'on peut l'y porter en ébullition sans qu'elle se coagule comme l'albumine. Au contraire, les acides dilués, qui ne précipitent pas l'albumine, séparent aisément du lait la caséine. Le lait se coagule déjà à froid par l'acide acétique étendu, en précipitant la caséine sous la forme de gelée, ou de flocons épais qui, même après avoir été bouillis avec de l'eau, se redissolvent fort aisément dans des liquides légèrement alcalins. Ce caractère distingue essentiellement la caséine de l'albumine cuite et de la fibrine de la chair.

L'analyse chimique démontre que la caséine, sauf une proportion moindre de soufre, contient les mêmes éléments et dans les mêmes proportions que l'albumine et la fibrine de la chair : le jeune animal trouve donc dans la caséine du lait les parties essentielles de son sang, sous une autre forme, il est vrai, mais assuré-

ment sous la forme la plus propre au développement de ses organes.

Les faits précédents font comprendre la nutrition des carnivores et de l'enfant à la mamelle. Les carnivores vivent du sang et de la chair des herbivores et des granivores; ce sang et cette chair sont entièrement identiques avec leur propre sang et avec leur propre chair; le nourrisson reçoit son sang du sang de sa mère : chimiquement parlant, on peut dire que l'animal carnivore se consomme lui-même pour entretenir sa vie, que le nourrisson consomme sa mère pour se développer, car ce qui sert à la nutrition du carnivore et du nourrisson est, quant aux parties essentielles, identique avec les parties essentielles de leur sang, d'où se forment leurs organes.

Chez les herbivores, la nutrition paraît différente, au premier abord. Leurs organes digestifs sont moins simples, et leurs aliments se composent de végétaux dont ni la forme ni les caractères ne présentent la moindre ressemblance avec ceux du lait ou de la chair. Aussi, il y a une dizaine d'années à peine, la nutrition des herbivores semblait encore un problème insoluble, et l'on conçoit que les médecins les plus distingués aient pu considérer l'estomac comme le siége d'un magicien qui, bien traité et en bonne humeur, sait convertir en sang et en chair les chardons, le foin, les racines, les fruits et les graines; mais qui, en colère, dédaigne et gâte les meilleurs mets.

Tous ces mystères, la chimie les a dévoilés de la manière la plus évidente. Elle a découvert, dans toutes les parties végétales servant d'aliments aux animaux, certains principes qui se distinguent en ce qu'ils répandent, par la chaleur, une odeur semblable à celle de la laine brûlée. Elle a reconnu que les animaux, pour leur entretien et leur accroissement, exigent d'autant moins de nourriture végétale que celle-ci est plus chargée de ces principes particuliers, et qu'aucune partie végétale n'est nutritive quand ces principes y manquent.

Les principes végétaux dont je parle se rencontrent surtout en abondance dans la graine des céréales, dans les pois, les lentilles, les haricots, dans les racines, et dans le suc de nos légumes; on les rencontre d'ailleurs dans toutes les plantes.

On peut réduire ces principes à trois substances, qui se ressemblent à peine par leurs caractères extérieurs.

Lorsqu'on abandonne à lui-même un suc végétal récemment exprimé, il s'y dépose, au bout de quelques minutes, un précipité gélatineux, ordinairement de couleur verte, et qui, traité par certains liquides destinés à lui enlever sa matière colorante, laisse enfin une matière d'un blanc grisâtre.

Le suc des graminées surtout est chargé de ce principe; il se rencontre en abondance dans la graine du blé, et en général de toutes les céréales. Quelques opérations fort simples suffisent pour l'extraire de la farine de blé, dans un état de pureté assez grande. Ainsi

obtenu, il porte le non de *gluten*, à cause de ses propriétés gluantes qu'il doit en partie à un corps gras qui s'y trouve mélangé en petite quantité. Ce gluten, tel qu'il est contenu dans la graine des céréales, est insoluble dans l'eau.

L'autre principe auquel les plantes doivent leurs propriétés nutritives se trouve également en dissolution dans les sucs, mais il ne s'en sépare pas à la température ordinaire ; il ne s'y dépose que si les sucs sont portés à l'ébullition. Ainsi lorsqu'on fait bouillir, après l'avoir clarifié, le suc d'un légume, par exemple des choux-fleurs, des asperges, des navets ou des raves, il s'y produit un coagulum impossible à distinguer, ni par les caractères extérieurs, ni par les autres propriétés, du corps qui se sépare à l'état de coagulum par l'ébullition du sérum du sang, étendu d'eau.

Enfin le troisième principe nutritif des plantes se trouve dans les cotylédons des légumineuses, notamment dans les pois, les lentilles, les fèves, et peut s'extraire, par l'eau froide, de la farine de ces graines ; ainsi dissous, ce troisième principe ressemble au précédent, mais il s'en distingue en ce que sa dissolution n'est point coagulée par la chaleur. Pendant l'évaporation, cette dissolution se couvre d'une pellicule ; de même elle se coagule, comme le lait des animaux, par l'addition des acides faibles.

Il résulte de l'examen chimique de ces trois principes qu'ils renferment du soufre et de l'azote ; les

autres éléments y sont dans les mêmes proportions. Ce qui est encore plus remarquable, c'est que ces trois principes ont identiquement la composition de l'albumine; leurs éléments sont combinés dans les mêmes proportions que celles de ce principe essentiel du sang.

Cette connexion entre les principes des plantes et des animaux démontre avec quelle admirable simplicité procède le développement de l'organisme. Les substances que les animaux emploient à produire du sang renferment tout formés les principes essentiels de ce liquide. Le pouvoir nutritif des aliments végétaux est d'autant plus considérable qu'ils contiennent une plus grande quantité des trois principes précédents; en les mangeant, l'herbivore ingère des substances identiques avec celles qui entretiennent la vie du carnivore.

Les plantes engendrent le sang des animaux avec l'acide carbonique et l'ammoniaque, avec les éléments de l'atmosphère, avec du soufre et certaines parties de l'écorce du globe; car, en mangeant le sang et la chair des herbivores, les carnivores ne consomment, à proprement parler, que les substances végétales dont les herbivores se sont nourris; ces substances azotées et sulfurées acquièrent dans l'estomac de l'herbivore la même forme et les mêmes propriétés que la fibrine de la chair et l'albumine animale dans l'estomac du carnivore. C'est dans la nourriture animale que se trouve emmagasinée et concentrée la partie nutritive des plantes.

Le développement de l'organisme, l'accroissement

de l'animal est assujetti à la préhension de certaines substances identiques avec les principes essentiels de son sang. L'économie animale ne crée le sang que sous le rapport de la forme, elle n'en saurait produire avec des substances qui n'en contiendraient pas déjà les principes constitutifs. Le corps des animaux représente un organisme supérieur qui commence son développement par les matières, avec la production desquelles la vie cesse dans les plantes qui servent à le nourrir : en effet, dès que les céréales et les herbes fourragères ont porté des graines, elles meurent. Chez les plantes vivaces, la production du fruit marque la fin de la première période de leur vie. Il n'y a aucune lacune, dans cette immense série de composés organiques, qui commence aux substances minérales servant d'aliments aux plantes, et s'élève jusqu'aux principes les plus complexes du cerveau. La substance alimentaire, dont se compose la partie essentielle du sang des animaux, est elle-même le produit de l'activité créatrice des plantes.

Lorsqu'on compare, sous le rapport des propriétés physiques, les trois principes végétaux, azotés et sulfurés, avec la fibrine de la chair, l'albumine du sang et la caséine du lait, on trouve que le gluten de la farine de blé possède la plus grande ressemblance avec la fibrine animale ; que la partie coagulable par la chaleur, renfermée dans les sucs végétaux, ne saurait se distinguer de l'albumine végétale; enfin que le principe qui caractérise la graine des légumineuses s'ac-

corde, dans toutes ses propriétés, avec le caséum du lait des animaux. Cette identité de caractères a valu aux trois principes des plantes les noms de *fibrine végétale*, d'*albumine végétale* et de *caséine végétale* (1).

Ces principes ne se rencontrent jamais seuls et séparément dans les semences et les sucs des plantes; du moins on ne les y trouve ainsi que fort rarement. Le suc de la pomme de terre renferme de la caséine coagulable par les acides, et la graine des légumineuses et des céréales contient toujours une certaine quantité d'albumine coagulable par la chaleur. Le gluten de la farine de seigle se compose presque entièrement de caséine et d'albumine végétales. Dans la farine de blé, les trois corps se trouvent ensemble.

Il importe également de noter que la fibrine, l'albumine et la caséine animales et végétales renferment non seulement les mêmes éléments, combinés dans les mêmes proportions, mais encore que ces corps possèdent les mêmes propriétés. Le gluten de

(1) On trouve, dans une relation de M. Itier, un détail curieux qui met bien en évidence, indépendamment de toutes les observations chimiques, la nature de la caséine. M. Itier raconte que les Chinois préparent de vrai fromage avec les pois. A cet effet, ils les réduisent, par la cuisson, en une bouillie qu'ils passent et font cailler avec de l'eau de plâtre. Le caillot est ensuite traité comme le fromage précipité du lait par la présure. On presse la masse solide pour en séparer le liquide, on y incorpore du sel, et on la met dans des formes. Le fromage ainsi obtenu a l'odeur et le goût du fromage préparé avec le lait; il se vend dans les rues de Canton sous le nom de *tao-foo*, et est fort recherché à l'état frais.

blé se dissout presque entièrement dans l'eau additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, en donnant un liquide trouble, dans lequel une solution de sel marin produit un coagulum comme dans une solution préparée de la même manière avec la chair musculaire. Délayé dans l'eau et abandonné à la putréfaction, le même gluten se dissout en grande partie, absolument comme la fibrine musculaire dans les mêmes circonstances, en donnant un liquide limpide contenant une grande quantité d'albumine coagulable par la chaleur.

Enfin ces différentes substances donnent par l'oxydation les mêmes produits, d'où le chimiste conclut que leurs éléments sont groupés de la même manière. Ces produits méritent d'être connus. Lorsqu'on traite les substances en question par des alcalis concentrés, une partie de leur soufre se fixe sur la potasse; il se forme ainsi du sulfure de potassium qui, par l'addition d'une goutte d'acétate de plomb, produit une coloration noire due à du sulfure de plomb; si l'on continue l'action des alcalis, on obtient deux substances cristallisables, la tyrosine et la leucine (1), voisines des alcalis organiques. La leucine a été d'abord trouvée par Prout dans le fromage pourri, plus tard Walter Crum l'a découverte dans le gluten putréfié. A part ces deux

(1) Cette formation de la leucine acquiert un intérêt particulier par la découverte qu'on a faite récemment de la leucine dans l'économie elle-même : par exemple, dans les liquides du foie de veau.

produits, on obtient encore, par les alcalis, de l'acide butyrique et de l'acide valérianique.

Lorsqu'on oxyde les trois principes dans des liquides acides, il se produit un grand nombre de corps fort remarquables, parmi lesquels il faut citer l'acide prussique, l'essence d'amandes amères, les deux acides précédemment nommés, l'acide formique, l'acide acétique et plusieurs aldéhydes. Aucune autre substance organique ne saurait être comparée aux principes dont nous parlons, sous le rapport de ces produits d'oxydation.

On a donné le nom d'*aliments plastiques* à l'albumine, à la fibrine et à la caséine végétale, ainsi qu'à la caséine et à la fibrine animales, par la raison que ces substances sont les seules, d'entre celles que fournissent le règne végétal et le règne animal, qui puissent produire, dans la nutrition, les parties essentielles du sang et des organes des animaux. L'albumine du sang compte aussi parmi les aliments plastiques, parce qu'elle fait partie du corps des animaux, et qu'en cette qualité elle contribue à la nutrition. Il n'existe, en effet, aucune partie organisée dont les éléments ne dérivent pas de l'albumine du sang, et qui ne renferme pas une certaine quantité d'azote.

Beaucoup de caractères physiques des organes dépendent de principes non azotés, tels que l'*eau* et *la graisse;* ces substances sont les intermédiaires de la production des tissus organiques. La graisse participe à la formation des cellules; l'eau donne la liquidité au sang et aux sucs. C'est aussi à une certaine proportion

d'eau que sont dus le blanc de lait des cartilages, la transparence de la cornée de l'œil, la mollesse, la souplesse, la flexibilité, l'élasticité de la fibre musculaire et des tissus, l'éclat soyeux des tendons et des ligaments. Enfin, la graisse ne manque jamais dans la matière cérébrale et nerveuse; l'eau et la graisse sont toujours contenues en certaines proportions dans les poils, la corne, les griffes, les dents et les os. Mais, dans toutes ces parties, l'eau et la graisse ne sont qu'absorbées mécaniquement comme dans une éponge, ou emprisonnées sous forme de gouttelettes comme dans les cellules, de telle sorte qu'on peut les extraire par une pression mécanique ou par un dissolvant, sans altérer la structure des parties organisées. L'eau et la graisse n'ont jamais une forme propre, mais elles prennent toujours la forme des organes dont elles remplissent les pores; elles ne comptent donc pas parmi les parties plastiques de l'organisme ni des aliments.

TRENTE-TROISIÈME LETTRE.

Parties non azotées des aliments. Sucre de lait, sucre de raisin, sucre de canne, amidon, dextrine. — Action de la salive sur l'amidon. — Graisses. — Loi d'instinct. — Tableau des rapports entre les parties plastiques et les parties non azotées des aliments. — Effets des aliments dans l'économie. — Rôle des parties plastiques des aliments. Elles sont incapables d'entretenir la respiration. — Rôle des parties non azotées des aliments. — Agents de respiration. Effets de l'oxygène sur eux. — Formation de la graisse. — Valeur de différentes substances comme agents de respiration.

A part les parties plastiques qui donnent naissance au sang et aux organes, les aliments de tous les animaux contiennent toujours, en certaine proportion, des substances exemptes d'azote et de soufre.

La chair mangée par les carnivores contient une certaine quantité de graisse; le lait contient de la graisse (du beurre) ainsi qu'une substance aisément cristallisable, le *sucre de lait*, qu'on retire du petit-lait par l'évaporation. Les aliments des herbivores renferment toujours une substance analogue au sucre de lait, ou voisine de ce corps.

Le sucre de lait n'a été rencontré jusqu'à présent que dans le lait, et, d'après des recherches récentes, en petite quantité, dans les œufs de poule. Il importe d'en connaître les propriétés.

On le trouve, dans le commerce, sous la forme de croûtes cristallines, souvent d'un pouce d'épaisseur, ordinairement jaunes ou brunâtres, d'un aspect sale, dû au manque de soin et de propreté dans sa préparation. Une nouvelle cristallisation, l'emploi surtout du charbon animal le rend parfaitement blanc, et le donne en prismes quadrangulaires terminés par un pointement de quatre faces, et craquant sous la dent.

Le sucre de lait cristallisé se dissout dans 5 ou 6 parties d'eau froide, sans donner de sirop; les cristaux, portés sur la langue, possèdent une légère saveur sucrée, qui est plus prononcée encore avec la solution.

C'est ce sucre qui communique au lait la propriété de fermenter, lorsqu'il est abandonné à lui-même à une douce chaleur. Le lait fermenté donne à la distillation une véritable eau-de-vie d'une odeur fort désagréable d'acide butyrique et de fromage pourri; ce produit est fort en usage chez les Tartares, les Kirghises et les Kalmouks, qui le préparent avec du lait de jument. Tout le monde connaît la facilité avec laquelle le lait s'aigrit; c'est le sucre qui se convertit alors en acide lactique (1).

Le sucre de lait est remarquable par la facilité avec laquelle il fixe de l'oxygène, en présence des alcalis. Lorsqu'on rend alcaline une solution de sucre de lait en y ajoutant de l'ammoniaque, et qu'on y verse ensuite un sel d'argent, celui-ci se réduit à l'état métallique

(1) Voyez à la page 15.

par un léger échauffement, et l'argent se dépose sur le verre sous la forme d'un miroir brillant ou de flocons gris. Une solution de sucre de lait mélangée de potasse dissout l'oxyde de cuivre avec une belle couleur bleue ; ce mélange, quand on le chauffe, devient d'un beau rouge, tout le cuivre se séparant à l'état de protoxyde. Dans ces deux réactions le sucre de lait absorbe tout l'oxygène de l'oxyde d'argent, et la moitié de l'oxygène de l'oxyde de cuivre.

Une solution alcaline de sucre de lait dissout le sesquioxyde de fer et d'autres oxydes métalliques ; elle réduit l'indigo bleu qu'elle dissout à la manière d'une véritable cuve.

Beaucoup de ferments, surtout en présence de la chaux, transforment l'acide lactique dérivant du sucre de lait en acide butyrique, qui appartient au groupe des acides gras. L'acide nitrique oxyde également le sucre de lait, et le change en acide carbonique, acide oxalique et acide mucique. Enfin, lorsqu'on ajoute un peu d'acide sulfurique à une solution aqueuse de sucre de lait, on obtient rapidement du sucre de raisin.

Le sucre de lait cristallisé contient du carbone et les éléments de l'eau, oxygène et hydrogène ; ceux-ci s'y trouvent dans une proportion telle qu'en supposant tout l'hydrogène remplacé par son équivalent d'oxygène, on obtiendrait de l'acide carbonique.

Les fruits et les sucs végétaux sucrés doivent leur saveur à trois espèces de sucres, dont deux sont cristal-

lisables, tandis que la troisième est toujours visqueuse et d'une consistance de sirop. Cette dernière entre dans la composition de la plupart des fruits (Mitscherlich).

Les betteraves et les carottes contiennent le même sucre que le suc de la canne; le miel renferme le même sucre que les raisins.

Parmi ces sucres, celui de raisin se rapproche le plus du sucre de lait par la composition et les propriétés; à l'état sec, il renferme les mêmes éléments unis dans les mêmes proportions; de même il se comporte entièrement comme le sucre de lait, quant à la transformation en acides lactique et butyrique, et aux réactions avec les oxydes d'argent, de cuivre, de fer, ainsi qu'avec l'indigo.

Le sucre de canne se distingue, dans sa composition, du sucre de lait et du sucre de raisin, en ce que ceux-ci renferment un atome d'eau de plus; mais, au contact des ferments ou des acides, le sucre de canne fixe très aisément cet atome d'eau manquant, et se convertit en sucre de raisin.

La substance la plus répandue dans le règne végétal et dans les aliments des herbivores, et qui remplit, dans la nutrition, le rôle du sucre de lait, c'est l'*amidon* ou *fécule*, qui cependant en semble fort éloigné par les propriétés.

L'amidon se trouve déposé, sous la forme de grains arrondis, dans la graine des céréales et des légumineuses, dans certaines racines ou tubercules, dans certains bois;

on peut l'extraire aisément en lavant à l'eau les cellules qui le renferment, après les avoir déchirées. Lorsqu'on broie les pommes de terre, les pommes ou les poires non mûres, les châtaignes, les glands, les radis, la moelle du sagouier, et qu'on lessive la bouillie avec de l'eau sur un tamis fin, le liquide trouble et laiteux qui s'en écoule dépose l'amidon à l'état d'une poudre fine, entièrement blanche. Dans le commerce, on rencontre l'amidon sous plusieurs formes : la poudre à poudrer est la qualité la plus fine de l'amidon de blé ; le sagou est l'amidon d'un palmier, granulé et un peu aggloméré par la dessiccation ; l'arrow-root est l'amidon de la racine de *Maranta arundinacea ;* le tapioca est l'amidon du *Jatropha manihot.* Ces trois dernières sortes d'amidons s'imitent en Europe avec de la fécule de pomme de terre.

Toutes les variétés d'amidon ont la même composition, et présentent les mêmes réactions chimiques. A part l'amidon particulier de la racine d'aunée, des tubercules de dahlia et de beaucoup de lichens, tous les amidons donnent par l'eau chaude un empois plus ou moins fluide ou gélatineux qui devient d'un magnifique bleu indigo par une solution d'iode.

J'ai déjà dit, dans la quatorzième lettre (p. 150) que l'amidon peut être converti en sucre de raisin, par l'influence du gluten, dans la germination du blé, ou par celle de l'acide sulfurique dilué.

L'empois d'amidon se fluidifie immédiatement à chaud dans un extrait d'orge germée ; il se produit, au commen-

cement, de la *dextrine*, substance semblable à la gomme, et qui, par l'influence prolongée du malt, se convertit entièrement en sucre de raisin. La salive chargée d'air produit sur l'amidon un effet semblable : lorsqu'un mélange de salive et d'empois d'amidon est exposé à la température du corps humain, il se fluidifie davantage et devient sucré, et si la quantité de salive est suffisante, tout l'amidon peut ainsi se convertir en sucre de raisin.

On conçoit aisément que les différences que présentent les caractères physiques de l'amidon et du sucre de lait disparaissent presque entièrement dans la digestion. La nature a pris des dispositions telles que, pendant la mastication des aliments amylacés, il s'y mélange une matière par l'influence de laquelle l'amidon se transforme, dans l'estomac, en une substance identique avec le sucre de lait sous le rapport de la composition et des principales propriétés.

La proportion d'amidon contenu dans la farine des céréales, des pois, des haricots, des lentilles et des pommes de terre, est fort considérable. La farine de blé et de seigle renferme de 60 à 66, l'orge et les lentilles de 40 à 50, le maïs jusqu'à 78, le riz jusqu'à 86, et les pommes de terre (à l'état sec) au delà de 70 centièmes d'amidon.

La matière grasse du beurre et de la viande contient le carbone et l'hydrogène sensiblement dans les rapports que présentent l'amidon et les différentes espèces de sucre. Ces dernières substances se distinguent princi-

palement de la graisse par une plus forte proportion d'oxygène; pour la même quantité de carbone, la graisse contient près de 10 fois moins d'oxygène. Il est aisé, d'après cela, de convertir par le calcul une quantité donnée de graisse en amidon, en y ajoutant de l'oxygène; on trouve ainsi que 10 parties de graisse correspondent à 24 parties d'amidon. On peut de même, en défalquant l'eau, transformer par le calcul le sucre de lait en amidon. Après avoir ainsi ramené tous les principes non azotés à une même unité, on peut estimer la valeur relative des aliments, en comparant entre elles les proportions des principes plastiques et des principes non azotés qu'ils renferment.

Tableau indiquant le rapport entre les principes plastiques et les principes non azotés contenus dans les aliments.

	Principes plastiques.	Principes non azotés.	
Lait de vache	10	30	= { 8,8 graisse. 10,4 sucre de lait.
Lait de femme	10	40	
Lentilles	10	21	
Fèves	10	22	
Pois	10	23	
Chair de mouton (engraissé)	10	27	= 11,25 graisse.
— porc (engraissé)	10	30	= 12,5 *id.*
— bœuf	10	17	= 7,08 *id.*
— lièvre	10	2	= 0,83 *id.*
— veau	10	1	= 0,41 *id.*
Farine de froment	10	46	
— d'avoine	10	50	

	Principes plastiques.	Principes non azotés.
Farine de seigle	10	57
Orge.	10	57
Pommes de terre blanches. .	10	86
— bleues. . .	10	115
Riz	10	123
Farine de sarrasin.	10	130

On n'observe pas des rapports constants entre les parties plastiques du lait, de la viande, des céréales, des pommes de terre, des légumineuses, et les parties non azotées de ces aliments, telles que le beurre, le sucre de lait, la graisse, l'amidon. Ces rapports varient dans le lait suivant la nourriture ; la viande grasse proprement dite contient plus de graisse que la viande appelée maigre ; quant aux pommes de terre, la différence de rapport qu'on observe entre les deux variétés citées dans le tableau précédent démontre suffisamment combien les variétés d'une même plante peuvent, en général, présenter de divergences.

Aussi, ne faut-il considérer les nombres indiqués dans ce tableau que comme des moyennes entre les deux limites extrêmes. On peut admettre, comme un rapport assez constant, que pour 1 partie de substance plastique, les pois, les haricots, les lentilles contiennent en substance non azotée, de 2 à 3 ; les céréales, le blé, le seigle, l'orge, l'avoine, de 5 à 6 ; les pommes de terre de 8 à 11, le riz et le blé sarrasin de 12 à 13 parties.

De tous les aliments la viande maigre est en proportion la plus riche en parties plastiques. Indépendam-

ment des autres parties inorganiques, 17 parties de bœuf (à l'état sec) contiennent autant de substances plastiques que 56 parties de farine de froment, ou 67 parties de farine de seigle, ou 96 parties de pommes de terre, ou enfin 133 parties de riz.

En comparant entre eux ces aliments, il faut considérer qu'à l'état naturel, ils contiennent une certaine quantité d'eau, dont il faut tenir compte. 17 parties de bœuf sec, contenant 7,08 parties de graisse, renferment, à l'état naturel, 32 parties d'eau; eu égard à cette proportion d'eau, 49 parties de viande fraîche correspondent à 66 parties de farine de froment (à 15 pour 100 d'eau).

Il est évident qu'on peut, par le mélange de ces aliments, obtenir une composition semblable à celle du lait ou du pain de froment. En ajoutant du lard ou du porc gras aux pois, aux lentilles ou aux haricots, des pommes de terre au bœuf, du jambon gras au veau, du riz au mouton, on augmente la proportion des substances non azotées. La même chose se présente pour les boissons alcooliques, quant aux proportions des parties non azotées et des parties plastiques : prises avec de la viande maigre et peu de pain, elles donnent un mélange semblable au lait; ingérées avec de la viande grasse, elles donnent un mélange semblable au riz ou aux pommes de terre.

Il suffit d'énoncer ces rapports pour faire comprendre que l'homme est guidé par un instinct infaillible, basé sur une loi naturelle, dans le choix et dans le

mélange de ses aliments (lorsque, bien entendu, les circonstances lui permettent ce choix).

Cette loi naturelle prescrit à l'homme et aux animaux de prendre, dans leurs aliments, des proportions constantes de substances non azotées et de substances plastiques, tout en variant les aliments suivant le genre de vie et les dispositions du corps ; ces proportions ne sauraient être changées, par la misère et le besoin, sans porter atteinte à la santé de l'homme, sans mettre en péril ses activités physiques et intellectuelles.

Un des buts les plus élevés de la science est de nous donner conscience de cette loi, de nous expliquer pourquoi l'homme et les animaux exigent, pour l'entretien de la vie, tel mélange dans les substances alimentaires, de nous rendre compte des influences qui changent la proportion de ce mélange.

La connaissance de cette loi élève l'homme au-dessus des êtres privés de raison, par rapport à la fonction essentielle qu'il partage avec les animaux. Elle lui enseigne, quant à ses besoins physiques de la satisfaction desquels dépend sa vie, certains préceptes dont n'a que faire l'animal, chez qui l'instinct n'est jamais dominé ou contrarié par les appétences des sens ni par les tiraillements de la volonté.

Sur quelles bases repose cette loi d'instinct qui oblige ainsi l'homme et les animaux à prendre dans leurs aliments, outre les matières plastiques, d'où s'engendrent leurs organes, certaines substances non azotées,

dont les éléments ne prennent aucune part à la formation de ces organes? Quel rôle ces substances jouent-elles dans l'acte vital? Il est aisé de répondre à ces questions, si l'on compare les parties constituantes du corps avec celles des aliments, et qu'on considère les effets produits dans l'économie par ces derniers.

Un cheval qui travaille consomme, par an, 2737 kil. de foin, et 821 kilogrammes d'avoine (1). Un porc de 60 kilogrammes, complétement développé, consomme, dans le même temps, 2555 kilogrammes de pommes de terre. Malgré cette quantité énorme de nourriture (qui pour le porc s'élève à plus de 40 fois son poids), le poids de ces animaux ne se trouve pas augmenté, à la fin de l'année, ou, dans le cas où ce poids est augmenté, l'accroissement n'est qu'une fraction du poids des aliments consommés par les animaux.

Il en est de même de la nourriture de l'homme. Chez une personne adulte, dont le poids n'est pas sensiblement changé à la fin de l'année, les rapports et la composition des parties qui composent le corps sont les mêmes qu'au commencement. Toute la nourriture, toute la boisson qu'elle ingère dans l'espace de 365 jours, servent, non à augmenter la masse du corps, mais à produire une série d'effets.

Les 7 kilogrammes de pommes de terre mangées tous les jours par le porc produisent dans son corps une certaine quantité de force mécanique, qui détermine

(1) *Annales de chim. et de phys.*, t. LXXI, p. 136.

le mouvement du sang, des humeurs, des membres; cette nourriture sert donc à l'entretien du mécanisme vital.

Un effet semblable est produit par les 7 kilogrammes de foin et les 2 kilogrammes 1/4 d'avoine consommés tous les jours par le cheval, avec la différence, toutefois, que cette quantité de nourriture donne aussi au cheval la faculté d'employer au dehors une certaine quantité de force mécanique. Cette nourriture produit, dans son organisme, un excès de force par lequel ses membres reçoivent la faculté de vaincre certaines résistances, c'est-à-dire, d'exécuter une certaine somme de travail, sans que la santé du cheval soit mise en péril.

Le pain, la viande et les légumes produisent le même effet dans le corps de l'homme; mais, outre la force mécanique qui détermine le mouvement des organes et des membres, ces aliments produisent en lui une certaine somme d'effets qui se manifestent par une activité des sens et de l'intelligence.

Dans l'état d'abstinence, le corps de l'homme et des animaux diminue à chaque instant; la diminution de substance des organes les plus importants est en raison de la force que les mêmes organes dépensent dans le même temps; les aliments rétablissent l'équilibre et rendent au corps la faculté de dépenser de nouvelles forces. On sait aussi que, dans l'état de repos, l'homme et les animaux ont besoin de moins de nourriture que dans l'état de mouvement et de travail; que la nature des aliments consommés par eux tous les jours influe

beaucoup sur la conservation de la faculté d'exécuter le lendemain le même travail, ou de produire par les nerfs les mêmes effets que la veille.

Les aliments, comme nous l'enseigne l'expérience de tous les temps, varient considérablement sous le rapport de leur aptitude à produire et à rétablir ces activités. En cela, le pain de froment est supérieur au pain de seigle, le pain de seigle au riz et aux pommes de terre, la chair des animaux à tous les autres aliments. Tout le monde sait qu'un cheval nourri de pommes de terre est loin de pouvoir faire le travail qu'il ferait en recevant du foin et de l'avoine. La force de travail qu'un homme peut dépenser tous les jours peut se mesurer par la quantité des parties plastiques qu'il consomme dans le pain et la viande (1).

Les parties plastiques des aliments sont évidemment les premières conditions de la production de la force physique dans l'économie, ainsi que de toutes les activités sensuelles et intellectuelles.

(1) La ration journalière de pain qu'un soldat reçoit, s'élève :

En France, à	750	grammes	(froment).
En Belgique, à	775	»	(froment).
En Sardaigne, à	737	»	(froment).
En Espagne, à	670	»	(froment).
Dans l'Allemagne méridionale, à	900	»	(1/6 froment, 4/6 seigle et 1/6 orge).
Dans l'Allemagne septentrionale, et en Russie, à	1000	»	(seigle).

Leurs effets se conçoivent si l'on considère que toute l'activité du cerveau et des membres, que tous les mouvements de l'économie, sont sous la dépendance des parties de l'organisme ayant une certaine forme, et que les parties dépourvues de forme propre, comme l'eau et la graisse, ne possèdent pas de propriétés vitales, et ne peuvent pas changer de lieu ou de position par l'incitation d'une cause particulière, active en elles.

Mais si les fonctions des sens, du cerveau, si tous les mouvements volontaires et involontaires de l'économie dépendent du nombre ou de la masse des parties organisées contenues dans le corps, il est clair que l'intensité et la durée des effets que ce corps peut produire sont en raison de la masse des différentes parties dont se composent ses organes ; que les effets du cerveau sont en raison de la masse du cerveau ; que les effets mécaniques sont en raison de la masse de la substance musculaire.

A mesure que s'amoindrit l'appareil mécanique qui engendre la force, à mesure que diminue la substance des muscles et des nerfs, le corps perd la faculté de produire de la force ; à mesure, au contraire, que les parties organisées sont réparées et renouvelées par la nutrition, le corps ressaisit et même accroît cette faculté.

Toutes ces parties organisées actives dérivent de l'albumine du sang. Toute l'albumine du sang provient des parties plastiques de la nourriture végétale et animale. Les parties plastiques des aliments, créées en définitive par la plante, sont donc les conditions de toute activité,

de toute production de force, dans l'économie animale, de la part des sens ou des membres.

Cette dépendance où se trouve l'animal à l'égard de la plante révèle à l'esprit des rapports merveilleux.

Les végétaux qui servent de nourriture aux animaux sont les générateurs des aliments plastiques, et par conséquent les collecteurs de toute force; par le sommeil et le repos, l'animal retourne à l'état végétal; les parties non organisées de son sang se façonnent et s'organisent en nouveaux tissus, et ceux-ci, en se décomposant à leur tour en corps dénués de forme propre ou en corps inorganiques, mettent en action la force concentrée en eux, pour produire les effets les plus variés. En cela, l'animal ressemble à la pile de Volta, qui doit ses propriétés à une certaine disposition des éléments dont elle se compose, et qui se consomme elle-même en produisant des effets magnétiques, électriques, et chimiques.

Ainsi s'explique le rôle, dans l'économie, des principes plastiques des aliments. Ils entretiennent les fonctions vitales en réparant les parties organisées qui ont été consommées et évacuées.

Un cheval qu'on fait travailler et qu'on nourrit de pommes de terre perd de son poids; sans le travail, le poids de son corps resterait constant. Le travail est donc une dépense de certaines parties du corps, et les substances plastiques de toutes les pommes de terre ingérées par l'animal ne suffisent pas à la réparation

de ces parties. L'animal dépense plus que la nourriture ne remplace; de là, il maigrit et s'affaiblit.

Lorsque, au contraire, le cheval reçoit en abondance du foin et de l'avoine, il peut exécuter une certaine somme de travail sans que son corps diminue de poids. S'il reçoit, dans l'état de repos, la même quantité de fourrage, il augmente de poids dans une certaine mesure. La nourriture consommée produit donc, dans le corps du cheval, une certaine quantité de force qui peut s'employer à vaincre des résistances, soit au dehors, soit au sein de l'économie. Si cette force est dépensée pour du travail, le poids du corps reste stationnaire; si elle est employée, dans l'économie, à l'accomplissement de certaines fonctions, le corps augmente de masse dans toutes ses parties.

On en conclut que la *puissance de travail d'un animal est dans un rapport défini avec l'excès de nourriture qui augmente le poids de son corps, dans l'état de repos.*

Si j'ai bien compris la loi immuable et éternelle de la nature, la proportion des aliments plastiques nécessaires tous les jours à l'homme qui travaille ne peut pas être moindre que la proportion préparée par la nature elle-même pour le développement du corps humain et l'accroissement de toutes ses parties, c'est-à-dire que la proportion contenue dans le lait de femme. D'après cela, la nourriture de l'homme qui travaille doit renfermer, pour 4 parties de substances non azotées, 1 partie de principes plastiques.

Ce fait, d'ailleurs, est conforme à l'expérience de tous les temps. Depuis que le monde existe, on sait que tout individu qui doit exécuter une somme de travail, dans les limites de son organisation, a besoin d'ajouter à son pain une certaine quantité de viande ; que, s'il dépense au delà de la moyenne de sa puissance de travail, il lui faut augmenter, dans sa nourriture, la proportion des substances plastiques ; qu'à l'état de repos, enfin, il exige une proportion moindre de ces substances.

Plusieurs applications importantes découlent de ce principe. Lorsqu'un enfant, privé du lait de sa mère, est nourri avec du lait de vache, qui contient une proportion plus forte de matière plastique, il faut ajouter du sucre à son lait, ou du lait de vache à sa bouillie de gruau ; cette nourriture, comme le prouve l'expérience, produit les mêmes effets que le lait de la mère (1).

Tout le monde connaît aussi l'influence désastreuse d'une alimentation insuffisante sur le développement et la croissance des jeunes enfants astreints à un excès de travail : obligés de dépenser au dehors la force produite dans l'économie, ces malheureux ne trouvent pas à la réparer, ou ne peuvent pas la réparer, parce que leur organisme ne comporte la digestion que d'une quantité d'aliments déterminée.

Les belles expériences (2) de M. Boussingault démon-

(1) D'après un calcul de M. Knapp, un soldat consomme, dans sa ration (p. 130), 47 parties de substances non azotées pour 10 parties de substances plastiques.

(2) *Annales de chim. et de phys.*, nouv. série, t. XIV, p. 419.

trent que l'augmentation de poids des animaux mis à l'engrais est, comme la production du lait des vaches, en raison de la quantité des aliments plastiques qu'ils consomment par jour. Ces expériences furent continuées, pendant plusieurs mois, sur des porcs qui possèdent à un haut degré la faculté de s'assimiler les aliments. Un porc fut exclusivement nourri de pommes de terre; cette alimentation ne le rendit pas plus pesant. Mais on reconnut une augmentation de poids, en soumettant l'animal à une ration mixte, composée de pommes de terre, de petit-lait, de lait de beurre et de restes de cuisine. L'accroissement fut le plus considérable par une ration journalière de 4,87 kilogrammes de pommes de terre, 0,45 kilogrammes de blé moulu, 0,32 kilogrammes de farine de seigle, 0,34 kilogrammes de pois et 0,46 kilogrammes de lait de beurre, petit-lait et restes de cuisine.

Le calcul donne la composition suivante, pour les différentes rations données au porc.

Rapport entre les aliments plastiques et les aliments non azotés, ceux-ci étant exprimés en amidon.

	Parties plastiques.	Parties non azotées.
Le porc a reçu : dans la ration de pommes de terre	10	87
— dans la ration ordinaire	10	71
— dans la ration d'engrais	10	55

On remarque que le dernier mélange présente, entre

les parties non azotées et les parties plastiques, un rapport semblable à celui qui existe dans la graine des céréales.

L'expérience a enseigné aux agronomes allemands un procédé très simple pour faire servir les pommes de terre à l'engraissement des bestiaux, en les transformant en un mélange où les deux espèces de parties alimentaires sont contenues en même proportion que dans cette graine. Ce procédé, qui est en Allemagne la base de toutes les exploitations agricoles, consiste à enlever aux pommes de terre, par un moyen chimique, les parties non azotées, en totalité ou en plus grande partie, et à employer à l'engraissement le résidu contenant toutes les parties plastiques. On fait cuire les pommes de terre, et, après les avoir réduites en bouillie liquide, on les met en contact avec du malt (de l'orge germée) sous l'influence duquel la fécule se convertit en sucre. Ensuite on met le moût en fermentation avec de la levûre de bière, et l'on détruit ainsi tout le sucre, qui se transforme en esprit-de-vin, que l'on recueille par la distillation. C'est avec les résidus de cette opération qu'on nourrit les bestiaux mis à l'engrais ; c'est la nourriture la plus estimée pour cet usage.

On croit, en général, à l'étranger, que les agriculteurs allemands se font distillateurs dans l'unique but de produire de l'esprit, mais c'est là une erreur : ils ne distillent qu'en vue d'engraisser leurs bestiaux avec plus d'économie.

Ce procédé de concentration des principes plastiques dans les aliments destinés à la production du sang et

de la chair est un des nombreux exemples où l'expérience a devancé la théorie. Sans doute, on ne songea d'abord qu'à produire de l'esprit-de-vin, puis on chercha à tirer parti des résidus, et ce n'est que finalement qu'on reconnut l'influence avantageuse de cette opération sur la qualité de la nourriture destinée à l'engraissement. Le besoin enseigne et répand ainsi des vérités dont l'influence et la puissance de conviction sont plus fortes que toute science.

Le rôle des substances plastiques a été mis en évidence dans les lignes précédentes. En s'identifiant avec les parties organisées du corps, elles deviennent les conservateurs des fonctions vitales.

Si l'on considère que l'économie animale est, non seulement une source de forces et d'effets vitaux, mais encore un appareil producteur de chaleur ; que la chaleur dégagée par jour dans le corps d'une personne adulte suffirait, au bout d'un an, pour porter 10,000 à 12,500 kilogrammes d'eau de zéro à 100 degrés ; que la chaleur animale résulte de la combinaison de l'oxygène, ingéré par la respiration, avec certaines parties des aliments et des organes, et que la quantité de chaleur produite journellement est dans un rapport défini avec la quantité d'oxygène consommé, on est naturellement conduit à admettre que les éléments des substances plastiques ne prennent qu'une part fort restreinte à la production de la chaleur animale.

En effet, si l'on compare la quantité des aliments

plastiques dépensés par jour avec la quantité de l'oxygène consommé dans le même temps, on trouve que les éléments combustibles de ces aliments sont loin de suffire à la transformation de l'oxygène, absorbé par le sang, en acide carbonique et en eau. L'organisme ingère bien plus d'oxygène, un cheval cinq fois plus, un porc six fois plus, qu'il n'en faudrait pour la combustion complète des aliments plastiques.

Si les éléments combustibles des aliments plastiques servaient à la production de la chaleur, toute la quantité qu'en reçoit, dans sa ration journalière, un cheval nourri de foin et d'avoine, ou un porc nourri de pommes de terre, ne suffirait qu'à entretenir la respiration, c'est-à-dire qu'à développer de la chaleur, pendant quatre heures et demie chez le cheval, et quatre heures chez le porc, à moins que ces animaux ne consommassent les mêmes aliments en quantité cinq à six fois plus forte.

Si l'on considère les propriétés des aliments plastiques, il semble fort douteux, même en admettant ce dernier cas, qu'elles pussent, dans les conditions où elles sont mises en présence de l'oxygène, produire la température convenable, et réparer les pertes de chaleur éprouvées par l'économie. C'est que, de toutes les substances organiques, les matières alimentaires plastiques sont celles qui possèdent au moindre degré la faculté de brûler et de dégager de la chaleur.

Parmi les éléments qui composent l'organisme, l'azote est celui dont l'affinité pour l'oxygène est la plus faible, et, chose encore plus remarquable, l'azote,

en se combinant avec d'autres éléments combustibles, les prive plus ou moins de la faculté de se combiner avec l'oxygène, c'est-à-dire de brûler.

Tout le monde connaît l'extrême inflammabilité du phosphore et de l'hydrogène; en se combinant avec l'azote, ces deux éléments produisent des composés entièrement privés de la propriété de brûler dans les circonstances ordinaires. Le phosphore libre s'enflamme déjà à la température du corps de l'homme; de même, il s'oxyde aisément par l'acide nitrique dilué; mais le phosphure d'azote, blanc et semblable à la craie, ne devient combustible dans le gaz oxygène qu'à la température du rouge et ne continue même pas de brûler; l'acide nitrique dilué ne l'attaque pas. L'ammoniaque, ou azoture d'hydrogène, contient, en 2 volumes, 3 volumes de gaz hydrogène, et malgré cette proportion si forte d'un élément si combustible, l'ammoniaque ne s'enflamme plus au contact des corps incandescents, et ne continue pas même de brûler dans l'oxygène pur. La plupart des combinaisons azotées brûlent moins facilement que les autres; elles s'enflamment difficilement, et ne comptent point parmi les combustibles, parce qu'elles ne dégagent en brûlant qu'une faible quantité de chaleur, qui ne suffit pas à enflammer les parties voisines. Il n'y a que le cyanogène, ou azoture de carbone, et l'acide cyanhydrique, dont les gaz soient inflammables et qui, enflammés, continuent de brûler.

Des rapports semblables s'observent avec l'albumine contenue dans le sang alcalin. La faculté de l'albu-

mine de se combiner avec l'oxygène, comparée à la même faculté des combinaisons non-azotées, du sucre de lait, du sucre de raisin et de la graisse, n'est pas plus forte que l'oxydabilité de l'argent, par exemple, comparée à celle du fer. On pourrait, au point de vue de cette combustibilité, diviser les principes chimiques qui entrent dans la composition de l'organisme, en métaux nobles et en métaux communs, et ce serait donc des métaux les plus nobles que se formeraient les organes.

La sagesse du Créateur éclate dans toutes ses œuvres. Ce qui nous surprend le plus dans les mystères de la création, c'est cette simplicité des moyens qui concourent au maintien de l'harmonie dans les choses créées, à la conservation de la vie dans les êtres organisés. La vie organique serait impossible sans cette puissante résistance que les substances azotées, de préférence aux autres parties de l'organisme, opposent à l'action de l'atmosphère.

Si l'albumine du sang, qui naît des parties plastiques des aliments, avait à un plus haut degré la faculté d'entretenir la respiration, elle serait entièrement impropre à la nutrition. Si l'albumine s'altérait et se détruisait directement dans la circulation par l'oxygène inspiré, la petite quantité d'albumine que les organes de la digestion introduisent journellement dans les vaisseaux sanguins disparaîtrait très rapidement, et le moindre trouble dans les fonctions digestives mettrait promptement un terme à la vie.

Tant que le sang contient, outre l'albumine, des matières ayant une plus grande affinité pour l'oxygène, cet agent ne peut exercer une action destructive sur ce principe essentiel du sang. Ainsi s'explique le rôle des aliments non azotées dans l'économie.

L'amidon, le sucre, la graisse, servent à préserver les organes, et à maintenir la température du corps par la combinaison de leurs éléments avec l'oxygène.

Les principes sulfurés et azotés des aliments conservent les organes et entretiennent ainsi la production de la force; les principes non azotés entretiennent la respiration, et conséquemment la chaleur. Ces derniers sont donc des *agents de respiration.*

On conçoit, d'après ce qui précède, la nécessité de la coexistence, en proportions convenables, des substances plastiques et des agents de respiration dans les aliments. Les quantités qu'en exige journellement l'économie animale dépendent de l'oxygène inspiré, c'est-à-dire de la force dépensée et de la chaleur perdue.

A égale dépense de force, l'homme qui travaille exige en été moins d'aliments de respiration qu'en hiver, et dans le Midi moins que dans le Nord. Lorsque l'homme en consomme les mêmes poids dans différentes saisons ou dans différents climats, ces aliments sont, dans l'un des cas, plus oxygénés, comme les acides organiques et le sucre, ou, dans l'autre, plus riches en éléments combustibles, comme le lard et l'huile de poisson de l'habitant des pays polaires.

On ne saurait concevoir la formation des organes par les parties constituantes du sang, ni la production d'aucuns effets dynamiques par ces organes, sans le concours des matières non azotées. Les œufs de poule renferment, pour 10 parties d'albumine, 15 parties de substance non azotée (matière grasse, exprimée en amidon), dont la plus grande partie disparaît pendant l'incubation. La combinaison des éléments de la matière grasse avec l'oxygène de l'air dégage une certaine quantité de chaleur qui, s'ajoutant à la chaleur d'incubation, en favorise les effets ; il se produit de l'acide carbonique et de l'eau, laquelle remplace en partie l'eau qui se vaporise; la présence de la matière grasse équilibre cette action de l'oxygène et la maintient dans les limites nécessaires à la production des tissus. Mais l'animal qui respire consomme une bien plus grande quantité d'oxygène que l'œuf pendant l'incubation ; il a donc besoin de trouver dans ses aliments une quantité de substances non azotées en rapport avec cet excès de consommation. Il est probable que la proportion des substances non azotées contenues dans l'œuf de poule représente, par rapport aux substances plastiques des aliments, le minimum de la quantité nécessaire aux animaux à sang chaud.

Le sucre de lait et le sucre de raisin (produit dans la digestion par l'amidon et le sucre de canne) disparaissent du sang avec une extrême rapidité, et l'on n'a réussi que dans un très petit nombre de cas à les trouver dans ce liquide. Il en est de même de la graisse,

qui disparaît promptement chez l'homme et chez les animaux, bien que le poids du corps n'éprouve pas de variation.

Lorsque la nourriture renferme plus de graisse qu'il n'en correspond à l'oxygène inspiré, cet excès s'accumule dans les cellules dont l'enveloppe se compose de la même substance qui constitue la partie essentielle des membranes et des os. Lorsque les principes du sang ou des aliments ne suffisent pas à la formation de ces cellules, c'est la substance des muscles qui y supplée; l'animal devient riche en graisse, mais sa chair diminue; passé ce point, le sang lui-même se charge de graisse, il s'ensuit une maladie, et finalement la mort. (Persoz, *Annal. de chim. et de phys.*, nouvelle série, t. XIV, p. 417.)

Dans les cas où les animaux consomment, en matières plastiques et en matières non azotées (autres que les matières grasses), une quantité plus forte qu'il n'en faut pour l'entretien de la respiration et de la vie, les parties plastiques s'accumulent sous forme de chair et de tissu cellulaire, et les parties non azotées (sucre, sucre de lait, etc.) se transforment en graisse.

Les expériences de MM. Boussingault et Persoz démontrent parfaitement que le sucre produit dans la digestion par l'amidon des céréales, des pommes de terre et les graines des légumineuses, se convertit en graisse, quand l'économie reçoit en même temps les matériaux nécessaires à la formation des cellules.

Nous avons déjà signalé les rapports qui existent entre la composition du sucre de lait ou de raisin et

celle de l'acide carbonique. Celui-ci, pour 1 équivalent de carbone, contient 2 équivalents d'oxygène; pour la même quantité de carbone, le sucre de lait et le sucre de raisin contiennent aussi 2 équivalents, mais seulement 1 équivalent d'oxygène, et, à la place de l'autre équivalent, 1 équivalent d'hydrogène. La transformation du sucre en acide carbonique consiste donc, en dernière analyse, en une formation d'eau : l'oxygène absorbé dans la respiration se combine avec l'hydrogène du sucre pour former de l'eau, et si l'hydrogène éliminé est remplacé par son équivalent d'oxygène, cela produit exactement de l'acide carbonique. D'après cela, il ne s'effectuerait pas, dans l'économie, une combustion du carbone, mais cette combustion porterait sur l'hydrogène ; ce serait une substitution où l'hydrogène enlevé par l'oxygène serait remplacé par un ou plusieurs équivalents d'oxygène.

La première condition pour que la graisse se forme, pour que les éléments combustibles des agents de respiration se déposent dans le tissu cellulaire, c'est le *défaut d'oxygène.* Lorsque, au contraire, la quantité d'oxygène suffit à la transformation, en acide carbonique et en eau, du carbone et de l'hydrogène de ces aliments, ils sont évacués sous cette nouvelle forme et ne peuvent pas s'accumuler à l'état de graisse dans le corps.

Pour comprendre cette transformation, dans l'économie animale, du sucre si oxygéné en matière grasse

qui contient fort peu d'oxygène, on n'a qu'à se rappeler ce qui se passe dans les phénomènes de fermentation.

La fermentation a toujours pour effet le dédoublement d'un atome complexe en une combinaison très oxygénée et en une combinaison peu oxygénée. Dans la fermentation alcoolique, une partie de l'oxygène du sucre se sépare sous forme d'acide carbonique, tandis que les éléments restants produisent une substance inflammable et peu oxygénée, l'alcool ; c'est encore par une semblable élimination d'acide carbonique et d'eau que le sucre donne l'huile de pomme de terre, si rapprochée des corps gras par ses caractères physiques. Lorsque cette élimination d'acide carbonique est accompagnée d'un dégagement d'hydrogène, le sucre donne de l'acide butyrique, véritable acide gras.

La formation de la graisse, dans l'économie animale, s'effectue dans les mêmes conditions. Elle est le résultat de deux actions chimiques qui s'accomplissent simultanément : d'une oxydation incomplète ou d'une combustion lente qui enlève au sucre une certaine quantité d'hydrogène, et d'un dédoublement ou d'une fermentation ayant pour effet une élimination d'oxygène, sous forme d'acide carbonique.

Cette transformation du sucre en graisse est peut-être déterminée par un ferment contenu dans le foie, et agissant comme la salive sur l'amidon, ou comme la muqueuse dans la digestion ; le foie serait donc le siége de la formation de la graisse. Cette opinion n'est pas

sans vraisemblance, mais elle a besoin d'être vérifiée par l'expérience (1).

Toutes les substances alimentaires de l'homme et des animaux contiennent une certaine quantité de matières grasses, ou de matières semblables aux graisses; la chair, toutefois, des animaux sauvages est ordinairement exempte de graisse.

On peut donc, dans tous les cas où le poids du corps et les proportions de la graisse ne varient pas, admettre que la graisse, le sucre et l'amidon servent exclusivement à la respiration, et que le sucre et l'amidon ne sont pas employés à former de la graisse. La formation de la graisse, au delà des limites dans lesquelles l'économie en a besoin pour la réalisation des effets plastiques, est toujours, comme chez les animaux mis à l'engrais, la conséquence d'un manque d'harmonie entre les fonctions de respiration et les fonctions de nutrition; elle est plutôt un indice de maladie qu'un signe de santé. La nature a destiné les substances non

(1) Lorsqu'on expose à une température de 37 à 40 degrés du foie de veau frais, coupé en morceaux et recouvert d'eau, il s'y établit, au bout de quatre à cinq heures, une fermentation remarquable: le foie se recouvre d'une foule de bulles de gaz composées en grande partie d'hydrogène; chaque bulle, au sortir de l'eau, peut être enflammée. Lorsqu'on opère dans un vase ouvert, on ne remarque pas de gaz fétide pendant les premières heures de la fermentation. Il est évident, d'après cela, que le foie contient une substance qui, dans un certain état d'altération, donne un ferment assez énergique pour décomposer l'eau, dont l'oxygène est ensuite enlevé.

azotées à l'entretien de la chaleur animale; aussi se trouvent-elles, dans ce but, sagement mélangées à tous les aliments. L'économie jouit de la faculté d'atténuer toutes les perturbations que subissent les fonctions vitales par l'effet de l'accumulation, dans le sang, des substances combustibles: ces substances étant converties en graisse, se séparent du sang et se déposent, en dehors des vaisseaux sanguins, en attendant une destination ultérieure, de manière à conserver au sang sa composition normale. Cette séparation des éléments combustibles remédie au manque de l'oxygène nécessaire aux autres fonctions vitales, et rétablit ainsi l'équilibre dans l'économie.

Les substances plastiques se dédoublent, dans certaines réactions comme dans la putréfaction, presque exactement en ammoniaque et en acides gras (acide butyrique et acide valérianique); aussi est-il probable qu'elles peuvent également concourir, dans certaines circonstances, à la formation de la graisse des animaux. Il est curieux, dans tous ces cas, de voir que la formation des acides gras, par exemple de l'acide butyrique, par ces matières azotées, en dehors de l'économie, ne s'effectue que sous l'influence des ferments dont les éléments se trouvent eux-mêmes dans la fermentation butyrique; et il est assez vraisemblable qu'un semblable rapport rattache aussi entre elles, dans la formation de la graisse, les matières plastiques et les substances non azotées.

Le tableau suivant fait voir qu'à poids égaux, les différents agents de respiration contiennent des quantités fort inégales d'éléments combustibles :

	Sucre de raisin.	Sucre de canne.	Amidon.	Alcool.
Carbone.....	40,00	42,10	44,44	52,18
Hydrogène...	6,66	6,43	6,17	13,04
Oxygène.....	53,34	51,47	49,39	34,58
	100,00	100,00	100,00	100,00

Les proportions de carbone et d'hydrogène contenues dans les corps gras sont encore plus fortes : l'huile d'olive, par exemple, contient 77 pour 100, le saindoux et la graisse de mouton, 79 pour 100 de carbone, et 11 à 12 pour 100 d'hydrogène. Les autres graisses ont une composition intermédiaire.

Comme la faculté que possèdent les corps, de dégager de la chaleur, par leur combinaison avec l'oxygène, dépend de la proportion des éléments combustibles qu'ils contiennent à poids égaux, et que la quantité de l'oxygène nécessaire à leur combustion s'accroît avec cette proportion, il est aisé de calculer approximativement la valeur de ces corps comme producteurs de chaleur ou comme agents de respiration. Le tableau suivant renferme, disposés en série, les différents aliments de respiration ; les nombres qu'on y a joints indiquent combien il en faut, proportionnellement, pour convertir en eau et en acide carbonique une quantité déterminée d'oxygène ; ils donnent approximativement les quantités d'aliments qu'il faut consommer pour

maintenir le corps à la même température, à temps égal et à dépense égale d'oxygène.

100 graisse.
240 amidon.
249 sucre de canne.
263 sucre de raisin, sucre de lait.
266 esprit-de-vin de 50 centièmes.
770 chair musculaire fraîche, sans graisse.

D'après ces chiffres, 1 kilogramme de graisse fait le même usage, dans la respiration, que 2 2/5 kilogrammes d'amidon, 2 1/2 kilogrammes de sucre de canne, ou 7 7/10 kilogrammes de fibre musculaire.

De tous les agents de respiration, la graisse est donc le meilleur, la fibre musculaire le plus mauvais. En calculant cette valeur de la fibre musculaire, on a supposé que la chair se convertit, dans l'économie, en urée, acide carbonique et eau. Cette hypothèse n'est vraie qu'en partie; car il s'évacue, par l'urine et par les fèces, d'autres substances azotées qui renferment une proportion de carbone bien plus forte que l'urée. Dans tous les cas, le carbone qui est rejeté sous forme de combinaison azotée ne prend qu'une part fort légère à la production de la chaleur du corps.

Les aliments plastiques contiennent l'azote et le carbone dans le rapport de 1 à 8 équivalents. Si l'urine ne contenait que de l'urée, elle ne devrait donner à l'analyse que 1 équivalent d'azote pour 1 équivalent de carbone. Mais M. Boussingault (1) a trouvé dans l'urine de

(1) *Annales de chim. et de phys.*, t. XXI, p. 122.

cheval, entre l'azote et le carbone, le rapport de 1 : 6,6, et dans l'urine de vache, celui de 1 : 16 (1). Les déjections (urine et fèces ensemble) d'un porc nourri de pommes de terre contenaient, déduction faite du ligneux de ces tubercules, l'azote et le carbone dans le rapport de 1 : 10. Ces faits semblent indiquer que, chez beaucoup d'animaux, les éléments combustibles des substances plastiques ne sont pas évacués ou ne sont évacués qu'en faible partie par le poumon, et qu'on peut à peine leur attribuer une part sensible dans la production de la chaleur animale.

(1) Des recherches spéciales faites, sur ce sujet à Giessen, ont donné, en carbone, pour 1 équivalent d'azote, 5 équivalents dans l'urine de cheval, 8 équivalents dans l'urine de vache, et 1,8 dans l'urine d'homme.

TRENTE-QUATRIÈME LETTRE.

Influence des sels sur la nutrition. — Composition des cendres du sang, comparées avec les cendres des aliments. — Influence de l'alcalinité du sang. — Rôle de l'acide phosphorique dans l'économie. Identité d'action des phosphates et des carbonates alcalins. — Rapports de dépendance entre les principes minéraux du sang et les principes minéraux des aliments. — Passage des principes minéraux du sang dans l'urine et dans les fèces. — Urine acide et urine alcaline. — Combustion des acides organiques déterminée par l'alcali du sang. — Présence de l'acide urique dans l'urine. — Acide phosphorique dans l'urine et dans les fèces. — Sel marin contenu dans le sang. — Effets du sel marin sur les substances azotées en dissolution, sur l'urée, sur le sucre. — Utilité de l'addition du sel au fourrage. — Manière dont les membranes animales se comportent avec l'eau salée.

Dans les deux lettres précédentes, j'ai attribué la faculté d'entretenir la respiration et la nutrition à certaines substances contenues dans les graines, les racines, les tubercules, les herbes, les fruits, la viande. Il semble donc fort contradictoire que ni le caséum, ni la fibre musculaire, ni l'albumine des œufs ou du sang, ni les matières végétales correspondantes, ni aucune autre de ces substances prise isolément, n'entretiennent les fonctions plastiques; que l'amidon, le sucre, la graisse, ingérés seuls, n'entretiennent pas non plus la respiration; que ces substances, chose encore plus

extraordinaire, puissent être mélangées dans n'importe quelle proportion, sans qu'elles se digèrent, si certains autres corps ne sont pas en même temps offerts à l'économie ; qu'elles soient même, sans le concours de ces derniers, entièrement impropres à la nutrition.

Dans les nombreuses expériences qui ont été faites par les chimistes et les physiologistes, tous les animaux qui avaient été nourris avec ces substances, seules ou mélangées, moururent après un temps plus ou moins long, avec tous les caractères de l'inanition. A peine soumis à ce régime pendant quelques jours, les animaux refusèrent de manger et résistèrent à la faim la plus pressante, sentant d'instinct que ces aliments ne produisaient pas plus d'effet dans leur estomac que s'ils mangeaient des cailloux.

On sait, d'un autre côté, par l'expérience de tous les siècles, que la viande et le pain, seuls ou mélangés ensemble, ainsi que le lait des animaux, entretiennent parfaitement la vie sans le concours d'aucune autre substance ; il faut donc que ces aliments, ainsi que les parties végétales mangées par les herbivores et les granivores, présentent, dans les rapports convenables, les autres conditions indispensables à l'accomplissement des fonctions nutritives.

Les médiateurs des fonctions organiques, par lesquels les aliments plastiques, comme les aliments de respiration, sont rendus aptes à entretenir la vie, ce sont les *parties incombustibles* ou les *sels du sang.*

Les parties incombustibles du sang de tous les ani-

maux sont de nature et de caractères identiques. A part les substances accidentelles et variables, le sang contient toujours certaines quantités d'*acide phosphorique*, d'*alcalis* (potasse et soude), de *terres alcalines* (chaux, magnésie), d'*oxyde de fer* et de *sel marin* (chlorure de sodium).

Tous ces corps, avant de devenir parties intégrantes du sang, entrent dans la composition des aliments. S'il est vrai que leur concours soit indispensable pour l'assimilation des aliments dans l'économie, il est clair qu'aucune substance où manquent ces corps ne saurait entretenir la vie. Toutes les matières éminemment nutritives doivent donc les contenir dans les proportions qui conviennent à la production du sang, et si l'on soustrait des aliments ces médiateurs de l'assimilation, on doit pouvoir enlever aux aliments leurs propriétés nutritives.

La chimie analytique fournit les preuves les plus concluantes à l'appui de ces propositions : elle démontre, en effet, que les pommes, les navets, en général les plantes mangées par les herbivores contiennent les mêmes éléments incombustibles et presque dans les mêmes proportions que le sang de ces animaux (1).

(1) Cendres de :	Sang de brebis (Verdeil).	Sang de bœuf (Stoelzel).	Choux blancs (Stammer).	Navets (Stammer).	Pommes de terre (Griepenkeil),
Acide phosphorique. .	14.80	14,043	13,7	14,18	16,83
Alcalis	55,79	59,97	49,45	52,00	55,44
Terres alcalines.	4,87	3,64	14,08	13,58	6,74
Acide carbonique. . . .	19,47	18,85	12,42	8,03	12,00

La composition de ces cendres est calculée en centièmes, déduc-

Les cendres du sang des granivores ont la même composition que les cendres des graines qu'ils mangent; les éléments incombustibles du sang de l'homme et des animaux qui prennent une nourriture mixte sont également contenus dans les cendres du pain, de la viande et des légumes. Le carnivore contient dans son sang les éléments des cendres de la chair qu'il mange.

Le sang de tous les animaux présente invariablement une réaction alcaline due à la présence d'un alcali libre, incombustible.

Tous les aliments qui, seuls, comme le pain et la viande, ou mêlés à des végétaux, sont capables d'entretenir la vie, contiennent de l'acide carbonique ou phosphorique et des alcalis; l'acide phosphorique et les

tion faite du sel marin et du fer; la différence sur 100 est représentée par des substances accidentelles, telles que l'acide sulfurique, la silice, etc.

Cendres de	Sang de chien (1) (Verdeil).	Chair de bœuf (2) (Stoelzel).	Sang de porc (Strecker).	Pois (Will et Frésénius).	Sang de poule (Henneberg).	Seigle (Will et Frésénius).
Acide phosphorique......	36,82	42,03	36,5	34,01	47,26	47,29
Alcalis.......	55,24	43,95	49,8	45,52	48,41	37,21
Terres alcalines.......	2,07	6,17	3,8	9,61	2,22	11,60
Silice........ Acide sulfurique.......	5,87	7,85	9,9	10,86	2.11	3,90

(1) Nourri de viande.

(2) Nourri de pois et de pommes de terre.

alcalis s'y trouvent dans une proportion telle, qu'étant dissous, ils donneraient un liquide où les alcalis seraient toujours prédominants.

L'intervention nécessaire de ces alcalis libres, dans la formation et les fonctions du sang, se démontre par les expériences, précédemment citées, des académiciens français : les animaux nourris de fibrine animale et de caséum (1) moururent d'inanition, parce que les aliments qu'on leur offrait ne contenaient pas la proportion d'alcali nécessaire à la formation du sang. La chair musculaire exprimée contient l'acide phosphorique et les alcalis dans une proportion telle, qu'étant dissous, ces corps donneraient un liquide avec excès d'acide phosphorique et non d'alcali ; si ces deux principes pouvaient simultanément devenir parties intégrantes du sang, celui-ci prendrait, non une réaction alcaline, mais une réaction acide.

Or, un examen attentif démontre qu'une réaction acide est entièrement incompatible avec les fonctions que le sang remplit dans la nutrition et la respiration. L'alcali libre communique au sang une foule de propriétés remarquables. C'est l'alcali libre qui maintient à l'état liquide les parties essentielles du sang ; l'extrême facilité avec laquelle le sang se meut par les vaisseaux les plus ténus, il la doit à ce que les parois de ces vais-

(1) Le fromage précipité par la présure (le fromage suisse) contient, suivant M. Johnston, sur 45 parties d'acide phosphorique, 13,48 parties seulement d'alcalis, et 41 parties de chaux et de magnésie.

seaux sont fort peu perméables au liquide alcalin.

L'alcali libre du sang oppose une résistance à une infinité de causes qui détermineraient la coagulation de l'albumine, en l'absence de l'alcali; plus le sang renferme d'alcali, plus aussi s'élève le point auquel l'albumine se coagule, et même, à une certaine proportion d'alcali, elle ne se coagule plus par la chaleur. Enfin c'est encore à l'alcali que le sang doit la propriété de dissoudre les oxydes du fer, qui font partie de sa matière colorante, ainsi que d'autres oxydes métalliques, de manière à donner avec eux des liqueurs entièrement limpides.

L'alcali libre joue surtout un rôle important dans les fonctions de respiration et de sécrétion ; nous y reviendrons tout à l'heure en nous occupant de l'urine.

On s'explique le rôle de l'acide phosphorique, dans l'économie animale, si l'on considère que cet acide entre dans la composition de toutes les parties organisées du corps. La substance de la fibre musculaire, la fibrine du sang, les tissus du poumon, du foie et des reins, renferment une certaine quantité d'acide phosphorique en combinaison chimique.

Les parties incombustibles des liquides dont la chair est imprégnée sont les mêmes chez tous les animaux; elles se composent de phosphates alcalins, de phosphate de chaux et de phosphate de magnésie. Les os des animaux vertébrés contiennent, comme parties incombustibles, plus de la moitié de leur poids de phosphate de

chaux et de magnésie. Le cerveau et la substance nerveuse renferment de l'acide phosphorique copulé avec une matière grasse ou un acide gras, et en partie combiné avec un alcali (1).

L'acide phosphorique contenu dans ces différentes parties provient du sang. Le sang, en effet, contient invariablement une certaine quantité d'acide phosphorique.

Dans l'état de la science, il n'est guère possible d'émettre une opinion positive sur la manière dont l'acide phosphorique intervient dans les fonctions organiques, et il faut nous borner à constater la nécessité de son intervention dans l'économie, en nous appuyant sur sa présence constante dans toutes les humeurs et dans toutes les parties organisées (2).

(1) Cendres de :	Acide phosphorique libre.	Phosphates alcalins.	Phosphates terreux.
Chair de cheval (Weber)........	2,62	80,96	16,42
Chair de bœuf lessivée (Keller)...	17,23	48,06	26,26
Cervelle de bœuf (Breed).......	16,57	74,41	9,02
Jaune d'œuf (Poleck)	36,74	27,25	34,70

Les phosphates sont calculés d'après la formule $PO^5,2MO$. La chair de cheval provenait de l'avant-bras d'un cheval maigre; on l'avait entièrement privée de sang en laissant se vider l'artère brachiale.

(2) Plusieurs faits semblent indiquer que l'acide phosphorique et les phosphates acides terreux peuvent former de véritables combinaisons chimiques avec l'albumine et avec la substance des membranes, et que cette dernière doit à l'acide phosphorique et à ces phosphates certaines particularités, notamment son insolubilité dans l'eau et dans les liquides alcalins. Si, par exemple, on ajoute avec précaution, au lait, un acide étendu jusqu'à disparition de la réaction alcaline, et qu'on porte à l'ébullition, la coagulation s'effectue comme

Les fonctions de l'économie peuvent être considérées comme étant de deux espèces : les unes s'opèrent avec le concours d'un excès d'alcali, les autres avec celui d'un acide libre.

Toutes les parties solides et organisées contiennent

avec du blanc d'œuf. Mais le caséum ainsi précipité se distingue essentiellement du caséum pur par son insolubilité dans les liquides alcalins; il en est de même du caséum précipité du lait par la présure. Ce sont là des combinaisons du caséum avec les phosphates terreux (chaux et magnésie); ou si l'on considère la caséine pure comme un acide copulé avec de l'acide phosphorique, le caséum insoluble est le sel coagulé de cet acide à base de chaux ou de magnésie. Lorsque la colle forte ordinaire se prend en gelée, le phosphate de chaux qu'elle renferme joue un certain rôle dans ce phénomène. On sait qu'on obtient la gélatine en soumettant à une ébullition prolongée dans l'eau les os et la peau des animaux; le liquide se prend par le refroidissement en une gelée ferme; mais si l'on maintient la solution pendant quelque temps en ébullition, seule ou après y avoir ajouté de l'alcali, elle perd la propriété de se gélatiniser, et cela en séparant du phosphate de chaux.

Nous avons fait remarquer, page 50, la manière particulière dont la fibrine du sang se comporte avec l'acide chlorhydrique. Lorsqu'on fait bouillir avec cet acide la fibrine gonflée et prise en gelée dans la liqueur chlorhydrique, elle se dissout en un liquide qu'on peut filtrer, et où les réactifs dénotent la présence de l'acide phosphorique et de la chaux. Lorsque ces deux substances sont séparées de la partie organique de la fibrine, celle-ci est soluble dans l'eau froide comme la gélatine. Il est probable que la coagulation par la chaleur, de l'albumine des œufs et du sérum du sang, est due à la séparation d'un alcali et à la formation d'une nouvelle combinaison de l'albumine avec l'acide phosphorique et la chaux, insoluble à froid dans l'eau, les acides étendus et les alcalis.

des bases alcalines et de l'acide phosphorique dans une proportion telle, qu'en les supposant combinés, l'acide phosphorique prédomine. (Voy. la note, p. 157.)

Le sang renferme, en quantité prédominante, un alcali incombustible; mais la lymphe et le chyle présentent aussi une réaction alcaline, ce qui semble indiquer que de l'alcali dépendent non seulement les propriétés, mais aussi la production du sang.

La formation des parties organisées du corps ne saurait se concevoir sans le concours d'un excès d'acide phosphorique.

Une semblable opposition se rencontre aussi dans l'œuf: le blanc d'œuf contient, parmi ses principes minéraux, un excès de base alcaline, tandis que le jaune d'œuf renferme de l'acide phosphorique libre. (Voy. la note, p. 157.)

Si l'on compare entre eux les éléments incombustibles du sang des herbivores, des granivores et des carnivores, on remarque des variations fort extraordinaires entre les proportions d'alcali et d'acide phosphorique.

Le sang de porc et de chien renferme 36 pour 100, celui de poule plus de 40 pour 100, tandis que celui de bœuf et de brebis ne contient pas au delà de 14 à 16 p. 100 d'acide phosphorique. (Voy. la note, p. 154.)

Comment mettre d'accord de si fortes différences avec la constance des fonctions du sang? Si les éléments incombustibles du sang de bœuf, dans les proportions où les contient cette humeur, sont indispensables aux

fonctions vitales du bœuf, comment s'expliquer que le sang du porc et du chien, dont la composition est si différente, puisse servir aux mêmes usages que le sang des herbivores? L'analyse, en effet, n'indique aucune différence, quant aux proportions de ces éléments incombustibles contenus dans les organes ou dans les parties de l'organisme situées en dehors des vaisseaux sanguins. Tandis que les cendres du sang d'un herbivore diffèrent assez des cendres du sang d'un carnivore, pour qu'on les distingue parfaitement à la proportion de l'acide phosphorique obtenue à l'analyse, il est entièrement impossible de distinguer, par l'examen des éléments incombustibles, la chair de bœuf de la chair de chien ou de porc; les cendres de la chair des herbivores sont donc identiques avec les cendres de la chair des carnivores.

Les parties minérales contenues dans le liquide dont est imprégnée la chair de bœuf, de brebis, de veau, de porc, de chien, de martre, de renard, de poisson, contiennent toujours l'acide phosphorique et les alcalis dans le rapport des pyrophosphates. La substance, solide et insoluble dans l'eau froide, des muscles, des ligaments, des membranes, des tissus du poumon et du foie, renferme toujours un excès d'acide phosphorique, de sorte qu'il se produit constamment, par l'incinération de cette substance, une certaine quantité de métaphosphates.

Mais si, chez les herbivores, les organes et les tissus présentent, par rapport aux éléments incombustibles, la même composition que chez les carnivores; si le changement, l'augmentation ou la diminution, dans le

sang, de la proportion de l'acide phosphorique, n'augmente ni ne diminue la proportion de cet acide dans les liquides des muscles et des tissus, il faut en conclure que l'excédant de l'acide phosphorique contenu dans le sang est sans influence sur les fonctions plastiques.

Le sang, amenant à toutes les parties du sang l'acide phosphorique dont elles ont besoin, doit toujours contenir une certaine quantité de cet acide; mais l'acide phosphorique, comme acide, ne joue aucun rôle dans la formation du sang ni dans les fonctions de cette humeur, parce que ses caractères acides sont entièrement neutralisés dans le sang par l'excès d'alcali.

Dans la composition du sang des différentes classes animales, on remarque des variations sur deux principes, sur l'acide phosphorique et sur l'acide carbonique; mais ces différences sont sans influence sur les propriétés du sang, qui conserve ses caractères alcalins. Dans le sang des herbivores, l'alcali est en partie combiné avec l'acide carbonique; dans le sang des carnivores, cet acide est remplacé par l'acide phosphorique, sans qu'il en résulte un changement dans les caractères ni dans les fonctions du sang (1).

Or, les phosphates alcalins ont les mêmes propriétés

(1) *Cendres de sang analysées par M. Verdeil.*

	Sang d'homme.	Sang de veau.	Sang de brebis.
Acide phosphorique	31,787	20,145	14,806
Alcalis et terres alcalines	58,993	66,578	60,576
Acide carbonique	3,783	9,848	19,474

On voit, par ces analyses, que la proportion de l'acide carbonique

que les carbonates alcalins, et c'est encore là un des faits nombreux qui excitent l'admiration de l'observateur. Il est, en effet, merveilleux que deux acides, un gazeux et un fixe, un des plus faibles et un des plus énergiques, que les deux acides les plus différents sous le rapport de la composition, puissent donner avec les parties constituantes du sang, avec les alcalis, des combinaisons ayant le même caractère chimique. Le phosphate de soude a la même saveur et la même réaction alcaline que le carbonate de soude; sa solution, mise en présence de l'acide carbonique libre, en absorbe autant que la solution de ce carbonate, et, comme celle-ci, seulement avec plus de facilité, elle perd l'acide carbonique absorbé, lorsqu'on l'agite avec de l'air, qu'on l'évapore, ou qu'on l'abandonne dans le vide, tout en conservant d'ailleurs la faculté de réabsorber ce gaz dans d'autres circonstances.

S'il est vrai que certaines fonctions du sang soient basées sur les propriétés chimiques, notamment sur l'alcalinité de cette humeur, on voit, par ce qui précède, que le remplacement du carbonate par le phosphate alcalin, et *vice versâ*, doit être sans aucune influence, parce que ces variations de l'acide combiné avec l'alcali ne

augmente à mesure que celle de l'acide phosphorique décroît. Les différences entre les quantités d'alcali ne sont en partie qu'apparentes, attendu qu'on y a compris la potasse et la soude qui se remplacent, comme on sait, en quantités fort inégales. Le sel marin et le fer sont défalqués; le complément des 100 parties est représenté par des substances accidentelles.

portent aucun préjudice aux propriétés chimiques du sang.

Le sang est le sol d'où tous les organes se développent de la même manière et avec la même constance de composition ; mais il est aussi la source de la chaleur animale, et les vaisseaux où il circule sont les voies par lesquelles les produits de la transformation des tissus, c'est-à-dire les corps devenus impropres aux fonctions vitales, sont versés dans les appareils de sécrétion, et finalement évacués du corps. Pour cela, le sang a besoin de réunir toutes les conditions nécessaires : il lui faut des parties combustibles qui soient les agents de transport des activités vitales et produisent de la chaleur, et des parties incombustibles qui soient les médiateurs de ces fonctions. Parmi ces parties incombustibles, l'acide phosphorique, seul d'entre les acides minéraux, joue un rôle déterminé dans les fonctions plastiques, tandis que la formation du sang, la production de la chaleur et des sécrétions, sont soumises à l'influence chimique d'un excès d'alcali.

L'acide phosphorique et l'acide carbonique pouvant réciproquement se substituer dans le sang sans en modifier les propriétés, on s'explique ainsi pourquoi, chez l'homme, les alternatives de régime végétal et de régime animal n'altèrent pas sensiblement les fonctions normales de l'économie, bien qu'elles aient pour effet de changer la composition du sang quant aux principes incombustibles.

Connaissant la composition des cendres des aliments, il est aisé de déterminer la nature des éléments incombustibles que renferme le sang, puisque ceux-ci sont les mêmes que dans les aliments, et qu'ils en dérivent directement.

Lorsque les aliments consistent en pain et en viande dont les cendres ne contiennent que des phosphates, sans carbonates, le sang ne renferme aussi que des phosphates. Lorsqu'à ces aliments on ajoute des pommes de terre ou des légumes verts, le sang se charge d'une certaine quantité de carbonates. Enfin, quand on remplace entièrement le pain ou la viande par des fruits, des racines ou des légumes verts, le sang humain acquiert la composition et les caractères du sang de bœuf ou de mouton.

Lors même que ces substitutions, dans le sang, de l'acide phosphorique et de l'acide carbonique, par l'effet des changements de régime, semblent être sans effet sur la formation du sang, sur la nutrition, sur la production de la chaleur, elles n'en modifient pas moins essentiellement les fonctions de sécrétion.

Il est évident, en effet, que dans l'état de santé, le poids de l'animal ne variant pas, les alcalis, les terres alcalines, les phosphates et l'oxyde de fer, ingérés par les aliments, ne peuvent pas s'accumuler dans le corps, mais qu'ils sont évacués tous les jours en quantités égales à celles qui ont été introduites. Deux appareils effectuent cette évacuation : les reins et le canal intestinal. Dans les circonstances normales, les cendres de

l'urine et des fèces sont en même proportion que les substances minérales des aliments; ce n'est que quand le corps de l'animal augmente de poids, quand ses organes sont en voie d'accroissement, que l'économie retient certaines substances minérales des aliments, par exemple, du phosphate de chaux.

Si l'on connaît les principes minéraux qui sont contenus dans les aliments consommés par l'homme et les animaux, à l'état de santé, on peut déduire des aliments, avec une certitude mathématique, la composition de l'urine et des fèces, prédire quelle sera la réaction de l'urine, et indiquer dans quelles proportions les principes minéraux seront contenus dans l'urine et les fèces.

Les principes minéraux sont les mêmes dans le pain, la viande, les graines, les racines, les tubercules, les herbes et les fruits, mais leurs proportions varient extrêmement dans ces substances alimentaires. Ils se distinguent aisément par leurs propriétés.

Les alcalis (potasse et soude), soit seuls, soit combinés avec les acides phosphorique, sulfurique et carbonique, sont fort solubles dans l'eau.

Les terres alcalines (chaux et magnésie), combinées à l'état de sel neutre avec l'acide carbonique ou l'acide phosphorique, sont insolubles dans l'eau.

Les terres alcalines carbonatées se dissolvent, au contraire, dans l'eau contenant de l'acide carbonique libre; les terres phosphatées se dissolvent dans l'eau

renfermant soit de l'acide phosphorique libre, soit un autre acide minéral ou organique.

Les corps précédents ne manquent jamais dans les cendres des aliments de l'homme et des animaux. L'acide phosphorique, les alcalis et les terres alcalines (ainsi que l'oxyde de fer et la silice, dans le fourrage) y sont contenus comme tels, avant la combustion; l'acide sulfurique et l'acide carbonique sont les produits de la combustion du soufre et du carbone. Lorsque ces cendres sont mises en contact avec l'eau, celle-ci se charge des parties solubles en laissant comme résidu les parties insolubles.

Si les cendres contiennent l'acide phosphorique et l'acide sulfurique (ainsi que la silice) dans un rapport tel, que ces acides suffisent à la neutralisation des alcalis et des terres alcalines des mêmes cendres, voici ce qu'on obtient en traitant celles-ci par l'eau :

En solution :

Acide phosphorique (acide sulfurique).	Potasse. Soude.

Dans le résidu :

Acide phosphorique (silice).	Chaux. Magnésie. Oxyde de fer.

Si les terres alcalines renfermées dans les cendres suffisent à en saturer tout l'acide phosphorique, s'il n'y a par conséquent pas assez d'acide phosphorique

pour se combiner avec les alcalis, tout l'acide phosphorique demeure dans le résidu, et l'on a alors :

En solution :

Acide carbonique (acide sulfurique). } Potasse. Soude.

Dans le résidu

Acide phosphorique (acide carbonique, silice). } Chaux. Magnésie. Oxyde de fer.

Les aliments éprouvent, dans l'économie, la même transformation que si on les brûlait dans un fourneau, et il s'y établit, quant aux éléments incombustibles, un partage entièrement semblable à celui que je viens d'indiquer. La digestion rend solubles, pour les verser ensuite dans la circulation, les parties combustibles et incombustibles des aliments qui peuvent se dissoudre dans l'eau, dans les liquides alcalins, ou dans les liquides légèrement acides. L'oxygène, que la respiration introduit dans l'économie, brûle les parties combustibles ; il convertit les matières non azotées en eau et en acide carbonique, les matières plastiques en acide urique, acide hippurique, urée, et le soufre de ces dernières en acide sulfurique.

Lorsque ces produits de combustion, organiques et minéraux, ne sont plus susceptibles d'être ultérieurement employés dans l'économie, ils sont évacués par les appareils de sécrétion, par les reins et par le canal intestinal. L'urine se charge alors des parties solubles, les fèces des parties insolubles des cendres des aliments.

Les alcalis, aussi bien que les produits de la transmutation des tissus, formant avec eux des combinaisons solubles, sont contenus dans l'urine; les autres substances minérales sont renfermées dans les fèces.

Lorsque les aliments consistent en pain et en viande, dont les cendres ne se composent que de phosphates, l'urine renferme les alcalis à l'état de phosphates alcalins. Dans le cas où l'animal se nourrit de racines, de légumes, de fruits, dont les cendres ne renferment, comme parties solubles, que des carbonates alcalins, l'urine contient des carbonates alcalins.

Les produits de combustion qui naissent dans l'économie, l'acide sulfurique, l'acide urique, l'acide hippurique, ont une grande affinité pour les alcalis. Lorsqu'on ajoute ces acides à une solution de phosphate de soude ($PO^5,2MO$) ou de carbonate alcalin, ils se partagent l'alcali avec l'acide phosphorique ou carbonique; en s'emparant d'une partie de la base, déjà en combinaison, ils mettent en liberté une certaine quantité d'acide phosphorique ou d'acide carbonique.

La même chose a lieu dans la sécrétion de l'urine par le sang. Les alcalis retiennent, en combinaison chimique, tous les acides qui existent dans le sang ou qui s'y produisent.

L'urine de l'homme et des animaux contient toujours un acide libre, ou un sel acide.

Dans la sécrétion de l'urine, le phosphate alcalin, venant à rencontrer de l'acide sulfurique, urique ou hippurique, perd une certaine quantité de son alcali; une quantité correspondante d'acide phosphorique de-

vient libre, et le phosphate, qui d'abord avait une réaction alcaline, devient neutre, ou prend une réaction acide. Dans le cas où les parties solubles des cendres des aliments se composent de carbonates alcalins, ceux-ci se combinent avec l'acide carbonique libre du sang, et sont évacués par l'urine sous forme de carbonates acides à base d'alcali.

Or, comme les liquides rendus acides par de l'acide phosphorique ou par un acide non volatil ont la propriété de dissoudre le phosphate de chaux et le phosphate de magnésie, et qu'une liqueur chargée d'acide carbonique présente le même pouvoir dissolvant à l'égard du carbonate de chaux et du carbonate de magnésie, l'urine acidifiée par de l'acide phosphorique doit toujours contenir en dissolution des phosphates terreux, et l'urine acidifiée par l'acide carbonique, des carbonates terreux.

Composition de l'urine par un régime animal (les aliments consistant en viande, pain, pois, haricots, lentilles).

ACIDE PHOSPHORIQUE LIBRE.

Phosphate { de chaux. / de magnésie.

Phosphates, Sulfates, Urates, Hippurates } à base d'alcali.

Réaction acide persistante.

L'urine acide contient ordinairement de l'acide urique.

Composition de l'urine par un régime végétal (les aliments consistant en foin, trèfle, navets, pommes de terre, etc.).

ACIDE CARBONIQUE LIBRE.

Carbonate { de chaux. / de magnésie.

Carbonates, Hippurates, Sulfates } à base d'alcali.

Réaction acide passagère.
Réaction alcaline persistante.

L'urine alcaline ne contient ni acide phosphorique ni acide urique.

Les rapports précédents démontrent que les caractères acides, alcalins ou neutres, de l'urine de l'homme et des animaux, dans l'état de santé, ainsi que la présence, dans l'urine, de l'acide phosphorique, de l'acide urique, des phosphates et des carbonates alcalins, dépendent entièrement de la composition des cendres des aliments.

L'urine d'un porc nourri avec des pommes de terre est alcaline : dès que l'animal reçoit pour nourriture du blé ou des pois, son urine devient acide. Il en est de même de l'urine de l'homme : ordinairement acide, elle devient neutre ou alcaline quand l'homme ajoute à sa nourriture, en certaines proportions, des fruits savoureux, des cerises, des pommes, des pommes de terre, des racines, ou des légumes verts.

Les sels contenus dans l'urine sont sécrétés du sang par les reins ; ils font donc d'abord partie de la composition du sang. En effet, si l'on compare les substances minérales de l'urine avec celles du sang, on trouve à peine une différence entre les deux liquides quant à la quantité des sels à base alcaline solubles dans l'eau (1). Qu'on incinère le sang et l'urine du même individu

(1) *Analyses de l'urine, déduction faite du sel marin.*

	Acide phosphorique.	Alcalis.	Terres alcalines.	Acide sulfurique, silice.
Analyse faite à Giessen par M. Porter.....	34,24	47,76 (*)	7,62	12,38
Analyse faite à Berlin par M. Fleitmann..	34,03	48,03	9,02	8,92

(*) Dans ce chiffre, 4,06 soude sont calculés comme potasse.

bien portant, et qu'on lessive les cendres avec de l'eau, on ne trouvera pas de différence entre les sels solubles du sang et ceux de l'urine, et il est fort probable que cette identité s'étend aussi aux proportions relatives de ces sels.

Ceci permet d'espérer qu'à l'avenir une simple opération chimique pourra faire connaître la composition du sang à l'aide de la composition de l'urine. Quelques expériences comparatives sur le sang et sur l'urine, dans les différentes maladies, donneront au médecin des moyens de diagnostic très précieux, pour la détermination des altérations du sang et pour l'appréciation de l'influence que ces altérations exercent sur les fonctions vitales les plus importantes.

Il n'est pas besoin d'être fort avancé en chimie pour comprendre que l'élucidation des rapports de dépendance qui existent entre les fonctions du sang et les principes minéraux forme la première base de l'art de guérir et de la physiologie. Il serait donc absurde de songer à une médecine rationnelle avant d'avoir posé ces fondements qui comprennent tous les problèmes de l'économie animale. Il est d'ailleurs démontré, pour le chimiste, que l'alcalinité du sang est une des premières et des plus importantes conditions de la combustion, de la production de la chaleur, et de la transmutation des tissus organiques.

Une foule de composés organiques qui, seuls, à la température ordinaire ou à celle de l'organisme animal, manquent entièrement de la propriété de se combiner

avec l'oxygène, c'est-à-dire de brûler, acquièrent cette propriété lorsqu'ils sont mis en contact avec un alcali libre (Chevreul). Cette influence des alcalis est surtout frappante avec des matières colorantes qui se décolorent, dans ces circonstances, ou avec certaines substances incolores qui alors se colorent et se détruisent. Le carmin, une des matières colorantes les plus solides, la matière colorante du bois de Campêche et du bois de Brésil, la matière colorante du sang, se dissolvent dans la potasse caustique et se conservent sans altération des mois entiers ; mais dès qu'à cette solution on fait arriver de l'air ou de l'oxygène, le gaz s'absorbe avec rapidité, et les matières colorantes se détruisent (Chevreul).

La solution incolore de l'acide gallique et de l'acide pyrogallique se colore en rouge foncé, en présence de la potasse et au contact de l'air, et se détruit dans l'espace de quelques minutes. L'alcool lui-même s'oxyde et brunit à la température ordinaire, lorsqu'il contient de l'alcali libre.

Le sucre de lait et le sucre de raisin, en présence des alcalis, enlèvent même l'oxygène aux oxydes métalliques, à la température ordinaire.

Un semblable effet est produit, par les alcalis, dans le sang : ils favorisent et augmentent la combustibilité des agents de respiration.

Cette influence des alcalis est très marquée avec les sels des acides organiques introduits dans la circulation. On avait depuis longtemps observé que l'urine devient alcaline, quand on mange des fruits savoureux,

des cerises, des fraises, des pommes, etc.; tous ces fruits, ainsi que le suc des raisins, des tubercules et des herbes, contiennent les alcalis à l'état de sels à acides végétaux, ordinairement à l'état de malates (fruits à noyaux, ananas), de citrates (fruits à pepins, groseilles, pommes de terre), ou de tartrates (raisins). Or, il résulte des recherches de MM. Gilbert Blanc et Woehler, que les sels précédents pris isolément se comportent comme les sels contenus dans les différentes parties végétales : ingérés par la bouche ou sous forme de lavement, le citrate, le tartrate, le malate et l'acétate de potasse, reparaissent dans l'urine à l'état de carbonate.

Les acides de ces sels, étant introduits dans le sang sous forme de combinaison neutre ou acide, se brûlent aussi complétement que dans l'appareil de combustion le plus parfait. Les carbonates alcalins contenus dans l'urine des herbivores tirent leur origine de la même source; ils proviennent des sels organiques à base d'alcali contenus dans les aliments.

C'est encore par le contact d'un alcali que l'acide urique se brûle dans l'économie. L'urine des lapins auxquels on avait administré d'assez fortes doses d'acide urique, sous forme d'urate de potasse (2 à 2 1/2 grammes), ne contenait plus d'acide urique : cet acide était converti en acide oxalique et en urée, dont la quantité était au moins quintuple de la quantité d'urée contenue dans l'urine normale (Frerichs). Or, l'urée, comme on sait, représente de l'acide carbonique dans lequel la moitié de l'oxygène est remplacé par son équivalent d'amidogène (NH^2)

La cause de l'extrême combustibilité de ces substances dans l'économie est due évidemment à l'alcalinité du sang, ainsi que le prouvent les faits les plus simples.

Les herbivores consomment, dans leurs aliments, une grande quantité d'acides libres qui sont détruits dans la circulation et disparaissent comme les acides combinés avec les alcalis; il se produit sans doute, dans leur organisme et dans celui des carnivores, de l'acide urique, comme produit d'une combustion incomplète des substances plastiques, mais dans l'état de santé, cet acide urique n'apparaît jamais dans l'urine de ces animaux, riche en alcali libre.

Ce phénomène s'explique d'une manière satisfaisante par la présence, dans le sang, des carbonates alcalins. Les acides végétaux introduits dans le sang, ou l'acide urique produit par la transmutation des tissus, décomposent les carbonates alcalins, et forment des sels neutres qui sont aussitôt décomposés par l'oxygène circulant dans l'économie; l'acide carbonique devenu libre est évacué par le poumon.

Les mêmes acides organiques qui, à l'état de sels, c'est-à-dire *accompagnés de bases alcalines*, disparaissent aussi rapidement dans le sang de l'homme, ces mêmes acides reparaissent sans altération dans l'urine, s'ils sont ingérés *sans ces alcalis;* même les plus combustibles d'entre eux, comme l'acide tartrique et l'acide gallique, ne se brûlent pas, sous cette forme, dans l'économie. On peut aisément retrouver l'acide gallique

dans l'urine, à l'aide des sels de fer, avec lesquels il donne un liquide noir comme de l'encre.

La cause de cette incombustibilité, c'est donc le *manque de l'alcali libre*, *cet intermédiaire de l'oxygénation.*

On ne trouve pas de carbonate alcalin dans le sang d'homme et dans celui de chien, avec lequel un grand nombre de ces expériences ont été faites, mais il contient du phosphate à base d'alcali.

Or, il est certain que l'ingestion des sels végétaux neutres n'altère pas l'alcalinité de ce sang, tandis que l'ingestion des acides libres, qui s'emparent d'une partie de l'alcali, doit avoir pour effet la mise en liberté d'une certaine quantité de l'acide phosphorique combiné avec l'alcali. Cet acide phosphorique, n'étant pas gazeux comme l'acide carbonique, ne peut pas s'évacuer par la respiration, et reste donc dans le sang jusqu'à ce qu'une cause quelconque l'en expulse. Probablement, la partie du sang où arrivent les acides organiques perd d'abord son alcalinité, prend même passagèrement une réaction acide (réaction que les reins neutralisent de nouveau), et c'est à la suite de cet état du sang que les acides organiques dont je parle ne sont plus brûlés dans la circulation. En effet, si le sang, après avoir dissous l'acide gallique, restait alcalin, cet acide serait infailliblement détruit, car il ne peut pas exister en présence de l'oxygène et d'un alcali.

Les propriétés particulières que le sang de l'homme

et des animaux carnivores doit à sa forte proportion d'acide phosphorique se traduisent d'une manière bien marquée dans les sécrétions. L'acide phosphorique, combiné avec l'alcali, oppose une certaine résistance à l'action chimique de cet alcali ; cette résistance ne se présente pas dans le sang des herbivores.

La présence de l'acide phosphorique dans le sang des carnivores est dans un rapport intime avec l'acidité persistante de l'urine et avec la sécrétion de l'acide urique, tandis que la disparition de cet acide urique se rattache directement à l'alcalinité prédominante du sang chez les herbivores.

La présence de l'acide carbonique libre dans l'urine des herbivores est déterminée en grande partie par l'affinité du carbonate alcalin pour l'acide carbonique ; la présence d'autres acides dans l'urine des mêmes animaux est évidemment une des conditions nécessaires à la conservation de l'alcalinité du sang.

Supposons qu'une perturbation dans les fonctions rénales arrête la sécrétion de ces acides, ou qu'une transmutation rapide et anormale des tissus (une inflammation, une fièvre), mette en liberté l'acide phosphorique des organes pour le mêler avec le sang : ce changement dans l'alcalinité du sang aura immédiatement pour effet d'augmenter la sécrétion de l'acide urique et de modifier la respiration.

On comprend, d'après cela, les succès souvent merveilleux qu'obtiennent les médecins, dans la guérison de beaucoup de maladies, par un régime bien entendu,

par un choix raisonné des aliments, par l'emploi des eaux minérales, du petit-lait, etc.

Lorsqu'on remplace, dans l'alimentation ordinaire, la viande et le pain, par un régime végétal, par des fruits savoureux, cela modifie sans doute la composition chimique du sang, mais la modification ne porte pas sur ses parties organiques ou combustibles. En effet, la fibrine et l'albumine du sang de bœuf ne diffèrent aucunement de la fibrine du sang des herbivores et des granivores. Mais ce changement de régime modifie les parties incombustibles du sang; il neutralise l'influence perturbatrice de l'acide phosphorique ou du phosphate alcalin (comme dans les maladies typhoïdes et inflammatoires), en y substituant du carbonate alcalin.

Il n'est, certes pas, de fait plus concluant en faveur du rôle du canal intestinal, comme organe de sécrétion, que l'absence du fer dans l'urine en général, et des phosphates dans l'urine des herbivores.

L'urine, on le conçoit, ne saurait contenir de substance insoluble dans ce liquide; le phosphate de chaux et le phosphate de magnésie manquent donc dans l'urine de vache et de cheval, parce qu'un liquide aussi chargé de carbonates alcalins et de carbonates terreux n'a aucun pouvoir dissolvant sur les phosphates terreux (1).

(1) Une dissolution de carbonate de chaux dans l'eau chargée

On ne trouve point d'acide phosphorique dans l'urine de cheval ni dans l'urine de vache, bien que ces animaux consomment tous les jours une grande quantité d'acide phosphorique, sous la forme de phosphates alcalins solubles, qui sont ensuite assimilés par le sang. La composition de l'urine (1) et des fèces des mêmes animaux, dont on a aussi analysé le fourrage (2), démontre que tout l'acide phosphorique des aliments se retrouve dans les fèces à l'état de phosphate calcaire et de phosphate magnésien ($PO^5,2MO$). Tout l'acide phosphorique, devenu libre à la suite des transmutations orga-

d'acide carbonique, et étendue d'assez d'eau de puits pour que le carbonate de potasse ou de soude n'y produise plus de précipité, donne immédiatement un trouble persistant de phosphate de chaux, par l'addition de la plus petite quantité de phosphate de soude.

(1) *Composition de l'urine (sel marin déduit) et des fèces.*

	URINE (Arzbaecher).		FÈCES (Buchner).	
	Cheval.	Vache.	Cheval.	Vache.
Potasse	28,97	56,74	9,33	17,15
Soude	»	1,31	0,61	6,30
Acide carbonique	27,28	31,04	»	»
Chaux	27,75	1,74	5,22	7,31
Magnésie	4,22	4,09	2,03	4,50
Oxyde de fer	0,79	0,31	2,63	3,34
Acide sulfurique	6,48	4,63	3,92	3,23
Silice	»	»	59,96	41,00
Acide phosphorique	»	»	7,92	17,05
	100,00	100,00	100,00	100,00

(2) Le cheval recevait par jour 1,75 kilogr. avoine, 2 kilogr. pain de seigle, 5 kilogr. foin, 2,5 kilogr. paille de blé; la vache, en-

niques, et qui ne peut pas être évacué par les reins, en raison même de la nature chimique de l'urine, passe donc du sang dans le canal intestinal; par conséquent, le canal intestinal se charge en partie des fonctions des reins, comme organe de sécrétion. Il est difficile, au point de vue chimique ou anatomique, de se rendre nettement compte de cette substitution de fonctions; elle n'en subsiste pas moins, ainsi que le prouvent certains états de maladie (la diarrhée, par exemple). L'impossibilité où nous sommes de l'expliquer ne saurait porter atteinte à la vérité du fait.

viron 26 kilogr. résidus de pommes de terre privées par la fermentation des matières amylacées (voy. p. 136), 6 kilogr. paille de seigle, 1 kilogr. avoine, 0,5 kilogr. paille de pois, 0,5 kilogr. paille d'avoine, 0,5 kilogr. paille d'orge, 6 kilogr. betteraves. M. Porter a obtenu les résultats suivants à l'analyse des cendres de l'avoine, du foin et de ces résidus :

	Foin.	Avoine.	Résidus de pommes de terre fermentées.	Parties solubles dans l'eau, etc., etc.
Potasse	20,08	12,94	38,52	54,18
Soude	10,84	2,02	4,47	6,17
Acide phosphorique	17,35	15,43	16,78	11,99
Chaux	8,24	3,00	5,19	»
Magnésie	4,00	7,08	7,33	»
Oxyde de fer	1,82	0,60	1,50	»
Acide sulfurique	2,10	0,49	6,10	8,72
Sel marin	5,09	»	4,00	5,91
Silice	30,00	53,97	2,84	12,12
Acide carbonique	0,67	»	12,27	»
	100,00	100,00	100,00	100,00

Outre les substances minérales que nous avons nommées, le sang de l'homme et des animaux contient une certaine quantité de *sel marin* et de *fer*. La proportion du sel marin dépasse ordinairement la moitié du poids des autres principes minéraux réunis.

La diversité des aliments est sans influence sensible sur la teneur du sang en sel marin. Le sang d'un chien nourri pendant dix-huit jours avec de la viande contenait la même quantité de sel marin qu'après avoir été nourri pendant vingt jours avec du pain. La quantité de sel marin contenue dans le sang d'homme, de mouton, de porc, de bœuf, de veau, s'élève à 50 ou 60 centièmes du poids total des cendres. Les différences que l'on observe à ce sujet dans les indications des analyses proviennent, soit d'une certaine déperdition du sel marin, difficile à éviter dans l'incinération du sang, soit de l'influence qu'exercent, sur les proportions du sel marin, les variations des autres principes minéraux du sang, de l'acide phosphorique ou carbonique.

Cette forte quantité de sel marin dans le sang est assez remarquable pour qu'on cherche à en préciser le rôle. Il est inutile de rappeler qu'elle vient tout entière des aliments. Mais si l'on compare les cendres des végétaux dont se nourrissent le cheval et la vache avec les cendres du sang de ces animaux, on constate une différence très frappante : la proportion de sel contenue dans le sang est bien plus forte, souvent dix fois plus forte, que la proportion qu'en renferme le fourrage. De même, en comparant les cendres de l'urine, on remarque

qu'elles renferment toujours moins de sel marin que les cendres du sang; la proportion de sel marin de l'urine correspond à celle des aliments. Ces faits semblent indiquer, dans les vaisseaux sanguins, une action particulière qui s'oppose à la fois à la diminution et à l'augmentation du sel marin (puisque la proportion ne s'en élève pas au delà d'une certaine limite); le sel marin ne serait donc pas pour le sang un principe accidentel, mais un principe constant, et il s'y trouverait dans une proportion jusqu'à un certain point invariable.

Parmi les aliments du règne végétal, les graines renferment le moins de sel marin; parmi les plantes du continent européen, les légumes et l'herbe des prairies (notamment le *Lolium perenne*) en contiennent le plus.

Il n'est pas aisé de définir le rôle du sel marin dans l'économie, avec la même précision que le rôle de l'acide phosphorique ou de la chaux, car ce sel ne fait point partie, comme eux, de la constitution des tissus organiques. Le sel marin est l'intermédiaire de certaines fonctions générales, et il ne participe point par ses éléments à la formation des organes; aucun organe, en effet, ne contient du chlore en combinaison chimique, tandis que tous les liquides de l'économie en renferment.

On trouve les deux éléments du sel marin en différents endroits, mais séparément, chez les animaux qui, comme ceux du continent européen, n'ingèrent par les aliments que des sels de potasse, et pas d'autre chlorure ou de sel de soude que le sel marin.

La liqueur dont est imprégné tout le système muscu-

laire contient beaucoup de chlore, combiné, non avec le sodium, mais avec le potassium ; ce chlore dérive du sel marin. La bile des animaux terrestres renferme une quantité notable de soude, dont le métal, le sodium, a la même origine. Dans le sang du cheval, de la vache, et en général des herbivores, la proportion du carbonate de soude est double et même triple de la proportion du carbonate de potasse. La constance de ces rapports démontre que le sodium ou la soude remplit un rôle défini dans les fonctions du sang, le potassium ou la potasse dans celles du système musculaire, sans que ces corps toutefois, quelque semblables qu'ils soient, puissent toujours se remplacer.

Dans le sang de l'homme et des granivores, le phosphate de potasse est toujours accompagné de sel marin ; or ces deux sels ne sauraient coexister sans se décomposer mutuellement en chlorure de potassium et en phosphate de soude, dont les propriétés chimiques sont extrêmement rapprochées de celles du carbonate à même base (1).

Si l'on considère, en outre, que l'acide auquel le suc gastrique doit souvent son activité est l'acide chlorhydrique, qui provient du sel marin, on ne saurait révoquer en doute l'importance de ce sel dans les fonctions

(1) Lorsqu'on mélange une solution moyennement concentrée de phosphate de potasse avec une solution de sel marin, et qu'on abandonne au repos ce mélange, il s'y dépose bientôt, à froid, de beaux cristaux de phosphate de soude.

vitales, et la nécessité de sa présence dans les aliments de l'homme et des animaux.

L'action qu'exerce l'acide chlorhydrique sur les parties plastiques des aliments est fort remarquable. Le gluten des céréales et la fibrine animale, par exemple, se dissolvent aisément et avec rapidité, à la température du corps, dans une eau à peine aiguisée d'un peu d'acide chlorhydrique ; cette solubilité, au lieu d'augmenter, décroît par plus d'acide, si bien que toute la matière se précipite par l'acide chlorhydrique concentré. Une solution de sel marin agit comme l'acide chlorhydrique concentré.

La même eau qui, par l'addition d'un millième d'acide chlorhydrique, dissout parfaitement les susdites substances plastiques, perd son pouvoir dissolvant par un peu plus de 3 centièmes de sel marin ; on peut en effet, par une solution de ce sel, précipiter complétement une solution acide de gluten ou de fibrine végétale (1).

Les relations qu'on vient de signaler ne sont sans doute pas les seules qui justifient la fréquence et la diffusion du sel marin dans l'économie animale ; ce sel est très probablement le médiateur et même le mobile de certaines actions organiques. Ses propriétés le rendent particulièrement apte à un semblable rôle.

(1) Les anciennes expériences de Prout et de M. L. Gmelin ont été récemment confirmées, dans beaucoup de cas, par le docteur Schmidt, de Dorpat.

Le sel marin, en effet, a la propriété extraordinaire de former avec l'urée une belle combinaison, cristallisée en gros prismes rhomboïdaux, limpides; cette combinaison se rencontre toujours dans l'urine qui renferme du sel marin (1). On trouve même l'urée, accompagnée de sel marin, dans l'humeur vitrée de l'œil. Par sa combinaison avec le sel marin, l'urée perd certaines propriétés dont elle jouit en qualité de matière organique. Des expériences ultérieures, plus exactes, démontreront peut-être des relations plus intimes qu'on ne pense entre l'absence, dans le système musculaire, du sel marin et de l'urée, ce produit ultime des transmutations organiques, et l'apparition simultanée de ces deux corps dans le sang et dans l'urine.

Rappelons-nous aussi que l'instinct nous fait ajouter plus de sel aux aliments amylacés qu'aux autres; que presque personne ne trouverait les pommes de terre mangeables sans sel. Cela n'aurait-il pas aussi quelque rapport avec la combinaison remarquable que le sel marin forme avec le sucre de raisin, ce produit de la digestion? On sait, du moins, que l'urine des diabétiques renferme ordinairement cette combinaison; la

(1) Parmi les autres sels, il n'y a que les nitrates qui forment avec l'urée de semblables combinaisons. C'est la combinaison d'urée et de sel marin qui est souvent cause qu'il ne se précipite pas de nitrate d'urée, dans l'urine moyennement concentrée, par l'addition de l'acide nitrique, et qu'il reste toujours en dissolution, dans l'urine plus concentrée, plus d'urée qu'il n'en correspond à la solubilité du nitrate d'urée.

présence du sel marin exerce probablement aussi une influence sur la sécrétion du sucre par les reins.

C'est ici le moment d'aborder une question que les agronomes ont essayé de résoudre à leur manière, je veux parler de l'influence du sel dans l'alimentation des bestiaux. Les résultats des précieuses expériences de M. Boussingault me paraissent, sous ce rapport, fort clairs et concluants. L'addition du sel au fourrage n'eut pas d'effet sur la production de la chair, de la graisse ou du lait; mais, selon M. Boussingault, elle parut exercer une action favorable sur l'aspect et sur la qualité des animaux. Après les premiers quinze jours, les deux lots (chacun de trois taureaux) ne présentaient pas encore de différence bien marquée dans leur aspect, mais dans le courant du mois suivant cette différence commença à devenir manifeste, même pour un œil peu exercé; chez les animaux des deux lots, le maniement indiquait bien une peau fine et moelleuse, mais le poil des taureaux qui avaient reçu du sel était luisant et lisse, tandis que le poil des autres était terne et rebroussé. A mesure que l'expérience se prolongeait, ces caractères devenaient plus tranchés : ainsi, les taureaux du deuxième lot, après avoir été privés de sel pendant une année, avaient un poil ébouriffé, laissant apercevoir çà et là des places où la peau se trouvait entièrement mise à nu; ceux du premier lot conservaient, au contraire, l'aspect des animaux de l'étable; leur vivacité et les fréquents indices du besoin de

saillir contrastaient avec l'allure lente et la froideur de tempérament qu'on remarquait chez le deuxième lot. Nul doute, continue M. Boussingault, que, sur le marché, on n'eût obtenu un prix plus avantageux pour les taureaux élevés sous l'influence du sel.

Ces expériences sont fort instructives. Chez les taureaux qui n'avaient reçu que le sel contenu naturellement dans le fourrage, cette quantité était insuffisante pour les fonctions de sécrétion; il manquait ainsi l'agent de transport pour certaines substances qui, en dehors du corps, inspirent de la répugnance, et dont le sang, la chair et toutes les humeurs étaient remplis, car le dehors de la peau reflète l'état intérieur du corps. Les autres taureaux avaient reçu, par l'addition du sel au fourrage, le moyen, indispensable dans les circonstances où ils se trouvaient, de résister aux perturbations causées dans l'économie par des influences extérieures. Le corps des premiers taureaux, sous le rapport de la facilité avec laquelle il pouvait contracter une maladie, peut se comparer à un foyer rempli de matériaux très combustibles, et auquel il ne manque qu'une étincelle pour prendre feu et se consumer.

L'effet du sel ne consiste pas à produire de la chair, mais à neutraliser les conditions défavorables à cette production, qui résultent nécessairement de l'état contre nature où se trouve l'animal mis à l'engrais. On ne saurait donc assez priser l'utilité du sel dans ces circonstances.

Certains agronomes interprètent tout autrement les

expériences précédentes. Comme l'emploi du sel ne leur procure pas un bénéfice direct, une augmentation de chair en compensation de la dépense de sel, ils en concluent que le sel est entièrement inutile, et ils vont même jusqu'à invoquer ces expériences contre l'abolition de l'impôt du sel, contre l'abolition du plus odieux, du plus insensé de tous les impôts. L'instinct du mouton et du bœuf témoigne de plus de sagesse qu'il ne s'en trouve souvent dans les conceptions de la créature qui a la singulière prétention de résumer en elle la bonté et la raison suprêmes.

A part ses propriétés chimiques, le sel marin possède un caractère physique qui lui donne une importance toute particulière pour les fonctions vitales, les autres sels qui ont le même caractère ne faisant habituellement point partie des aliments de l'homme et des animaux.

Ce caractère peut se mettre en évidence à l'aide d'un appareil fort simple.

Lorsqu'on lie sur l'orifice d'un tube de verre de 4 à 6 pouces de long et de 1/4 de pouce de diamètre une membrane ramollie dans l'eau (par exemple, un morceau de boyau ou de vessie), qu'on emplit le tube à moitié d'eau de puits, et qu'on le place dans un verre contenant la même eau, de manière que les deux niveaux se trouvent dans le même plan, on ne remarque pas le moindre changement dans la hauteur des deux liquides, après bien des heures et des jours.

Mais qu'on ajoute quelques grains de sel marin à l'eau contenue dans le tube fermé par la membrane, et, au bout de quelques minutes, on y verra le niveau du liquide s'élever au-dessus du niveau extérieur de l'eau contenue dans le verre. Si l'on ajoute également du sel marin à cette dernière, en proportion égale à celle de l'eau du tube, aucune différence ne se manifestera entre les deux niveaux; mais si la quantité de sel ajoutée à l'eau du verre est supérieure à la quantité ajoutée à l'eau du tube, il se produira une différence inverse de la précédente : l'eau du tube baissera, tandis que l'eau du verre s'élèvera.

Ainsi, l'eau de puits passe vers l'eau salée, l'eau pauvre en sel passe vers l'eau riche en sel, comme si la pression extérieure la poussait à travers la membrane, en sens contraire de la pesanteur.

Une simple addition de sel à l'eau communique donc les propriétés d'une pompe au tube muni de la membrane. Dans certains cas, celui-ci absorbe l'eau avec une force équivalant à la pression d'une colonne de mercure de 2 à 3 pouces.

Lorsqu'on ferme le tube avec une membrane très mince, et qu'après l'avoir empli à moitié de sang de bœuf défibriné, on le dispose, comme précédemment, dans un verre contenant de l'eau chaude (de 37 à 38 degrés centigrades), on voit, au bout de quelques instants, le sang s'élever, comme l'eau salée, l'eau passant vers le sang.

On peut s'assurer que ce sont les sels du sérum qui

ont une large part dans cette absorption, en introduisant dans le tube le liquide séparé par expression du sang coagulé à chaud, et qui contient le sel marin et les autres sels du sang. Les mêmes phénomènes se produisent alors.

La faculté que possède la membrane de faire passer l'eau du côté où se trouve le sel dépend conséquemment du sel; lorsque les liquides renferment des deux côtés la même quantité de sel, il ne s'effectue pas d'extravasation ; le liquide s'épanche toujours du côté où se trouve le sel, et d'autant plus rapidement, que la différence entre les proportions de sel des deux liquides est plus grande.

Si l'on ajoute à la solution de sel marin, un alcali libre, du carbonate ou du phosphate alcalin, sa faculté d'absorption en est considérablement augmentée ; si le liquide extérieur est légèrement acide, et l'eau salée contenue dans le tube alcaline, l'écoulement se fait le plus rapidement du liquide acide vers le liquide alcalin.

Ces expériences curieuses donneront, à quiconque voudra les répéter, une idée fort nette de l'absorption dans l'économie animale.

L'organisme réunit, en effet, toutes les conditions pour que les vaisseaux deviennent par le sang une parfaite pompe aspirante, fonctionnant sans robinets ni soupapes, sans pression mécanique, sans canaux spéciaux pour l'écoulement des liquides. La dissolution

des aliments effectuée dans l'estomac par la digestion est acide, tandis que le sang est un liquide à la fois salé et alcalin. Tout l'appareil digestif est entouré d'un système de vaisseaux ramifiés à l'infini, dans lequel le sang se meut avec une extrême vitesse ; l'eau qui s'y infiltre est immédiatement séparée par les organes urinaires, et le sang se maintient ainsi toujours au même état de concentration.

Il est aisé, d'après cela, de comprendre l'effet produit dans l'économie par l'eau plus ou moins chargée de sel.

Lorsqu'on prend à jeun, de dix en dix minutes, un verre d'eau de puits ordinaire, où la proportion de sel est bien moindre que dans le sang, il s'évacue, déjà après l'ingestion du second verre (évalué à 120 grammes), une certaine quantité d'une urine colorée, dont le volume est sensiblement le même que le volume du premier verre d'eau ingéré. Que l'on boive ainsi vingt verres, et l'on aura dix-neuf émissions d'urine, dont la dernière sera presque incolore et contiendra à peine un peu plus de sel que l'eau de puits.

Si l'on fait la même expérience avec de l'eau de puits, additionnée d'une quantité de sel marin à peu près égale à celle que renferme le sang (3/4 à 1 pour 100), il ne se présente pas d'évacuation extraordinaire; mais il n'est guère possible de prendre plus de trois verres d'une semblable eau, sans éprouver un sentiment de plénitude, de pression et de pesanteur dans l'estomac, ce qui indique que l'eau, contenant une proportion de sel égale à celle du sang, exige bien

plus de temps pour être absorbée par les vaisseaux sanguins.

Enfin, si l'on avale de l'eau salée contenant un peu plus de sel que le sang, il s'effectue le contraire d'une absorption, c'est-à-dire une purgation.

La faculté des vaisseaux sanguins d'absorber de l'eau varie donc suivant qu'elle est plus ou moins salée (1).

(1) Le sel marin est devenu un objet de première nécessité, même pour les nations les moins civilisées, et, dans beaucoup de pays, il forme une des denrées commerciales les plus estimées. Il tient lieu de l'argent dans plusieurs contrées de l'Afrique, où l'on troque les hommes contre du sel, particulièrement chez les Gallahs et sur la côte de Sierra-Leone. Dans les environs d'Akra, sur la Côte-d'Or, on donne un et même deux esclaves pour une poignée de sel, la chose la plus estimée après l'or. Peu de nations s'abstiennent entièrement de l'usage du sel, ou cherchent à le remplacer par un succédané. (M. Karsten à qui j'emprunte ces faits, ne cite cependant aucun exemple d'abstention complète.) Dans les pays montagneux de l'intérieur de l'Afrique, le sel revient si cher, par suite des difficultés de transport, qu'il n'est plus à la portée que des gens aisés. Mungo-Park rapporte que, chez les Mandingo et chez d'autres tribus nègres, l'expression « il assaisonne ses mets avec du sel, » est synonyme de « il est un homme riche. » Il avait été lui-même longtemps privé de l'usage du sel, et il raconte l'envie excessive qu'il avait d'en prendre, astreint qu'il était d'ailleurs à un régime végétal. Caillé assure aussi que les habitants de Rankan ne salent que très rarement leurs aliments, le sel étant chez eux un objet de luxe; ce n'est qu'à certaines fêtes extraordinaires que les nègres Mandingo et les Bamboras en font usage. (Karsten, *Lehrbuch der Salinenkunde.*)

Il y a des pays où il faut donner du sel aux animaux pour les conserver à la vie. Ainsi, suivant M. Warden, les animaux domestiques

Si l'eau contient moins de sel que le sang, elle s'absorbe fort rapidement; si elle en renferme autant, il se fait un équilibre; si elle en contient plus, elle n'est point rejetée par les reins, comme l'eau peu salée, mais c'est alors le canal intestinal qui l'évacue.

mouraient, dans le nord du Brésil, quand on ne leur donnait pas une certaine portion de sel ou de sable salé. M. Roulin mentionne un fait analogue pour la Colombie : quand les bestiaux ne trouvaient pas de sel dans le fourrage, dans l'eau ou dans la terre, les femelles devenaient moins fécondes, et les troupeaux diminuaient très rapidement.

Dans un mémoire couronné par l'Académie de médecine de Bruxelles, le docteur Saive affirme que le sel marin exalte la fécondité des mâles et des femelles, et double les moyens de nutrition du fœtus. A l'époque de l'allaitement, dit-il, le sel que reçoit la mère rend le nourrisson plus robuste, le lait plus abondant et plus nourrissant; le sel accélère la croissance, et rend plus fine la laine des moutons; la chair des animaux qui reçoivent beaucoup de sel est plus savoureuse, plus nourrissante et plus aisée à digérer que la chair des carnivores qui ne reçoivent pas de sel dans leurs aliments.

TRENTE-CINQUIÈME LETTRE.

Composition de la viande. — Fibrine, albumine; extrait de viande. — Préparation de la viande, cuisson, rôtissage. — Composition du bouillon. Créatine, créatinine, inosite, acide lactique. — Haute valeur du bouillon.—Préparation de l'extrait de viande.—Cendres de la viande et du bouillon. — Viande salée. — Différences entre les parties minérales des viandes. — Fer contenu dans la viande et le sang. — Chair de poisson. — Comparaison entre les substances azotées de l'économie animale, sous le rapport de la composition. — Blé, farine, pain. — Succédané du pain en temps de famine.— Gluten, levain, son. — Effets des aliments sur les fonctions matérielles et intellectuelles de l'homme. — Vin, eau-de-vie, thé, café. — Substitution du régime animal au régime végétal. — Besoins de l'homme. — Comparaison entre l'économie humaine et l'économie sociale.

Le pain et la viande, la nourriture végétale et la nourriture animale, agissent de la même manière sur les fonctions organiques que l'homme partage avec les animaux; ils engendrent, dans l'économie vivante, les mêmes produits.

Le pain contient, dans le gluten, de la fibrine et de l'albumine, deux principes essentiels de la viande, et, dans ses parties minérales, des sels indispensables à la formation du sang, les mêmes et en même proportion que dans la viande. Mais la viande renferme en outre un certain nombre de substances qui manquent entiè-

rement dans la nourriture végétale, et c'est de ces autres substances que dépendent certains effets qui distinguent la viande de tous les aliments.

Lorsqu'on lessive à l'eau froide et qu'on exprime de la chair musculaire hachée menu, on obtient un résidu blanc et fibreux, composé de fibre musculaire proprement dite, de ligaments, de vaisseaux et de nerfs.

Si la lixiviation est complète, l'eau froide dissout 16 à 24 centièmes de la viande supposée sèche. La fibrine, la partie essentielle de la fibre musculaire, s'élève à plus des trois quarts du poids du résidu lessivé. Lorsqu'après avoir exprimé celui-ci, on le chauffe à 70 ou 80 degrés, les fibres se contractent, durcissent, et prennent l'aspect de la corne ; il s'y opère une modification, une espèce de coagulation à la suite de laquelle la fibre de la viande perd la faculté d'absorber et de retenir l'eau à la manière d'une éponge ; il s'en écoule de l'eau, et le résidu échauffé nage alors dans l'eau, comme si l'on y avait ajouté ce liquide. La viande lessivée par la cuisson est, comme la liqueur dans laquelle elle a été cuite, sans saveur ou d'une légère saveur nauséabonde : elle est d'une mastication difficile, et les chiens mêmes n'y touchent plus.

C'est que toutes les parties savoureuses de la viande sont contenues dans le jus, et peuvent s'extraire de la viande par l'eau froide.

Lorsqu'on chauffe peu à peu à l'ébullition l'extrait de viande aqueux, ordinairement coloré en rouge par du sang, on voit, quand le liquide a atteint la température

de 56 degrés, se séparer l'albumine, d'abord dissoute, en flocons caillebottés, presque blancs ; la matière colorante du sang ne se coagule qu'à 70 degrés ; le liquide devient légèrement jaunâtre, limpide, et rougit le tournesol, ce qui dénote la présence d'un acide libre.

La quantité d'albumine qui se sépare ainsi, par la chaleur, de l'extrait de viande à l'état de coagulum, varie beaucoup suivant l'âge des animaux. La chair des animaux âgés n'en fournit souvent que 1 à 2 centièmes, celle des jeunes animaux en donne jusqu'à 14 centièmes.

L'extrait, privé par l'ébullition de la matière colorante du sang et de l'albumine, possède le goût aromatique et toutes les propriétés du bouillon de viande. Évaporé, même à une douce chaleur, il se fonce, devient finalement brun et prend un goût de rôti. Réduit à siccité, il laisse 12 à 13 parties (pour 100 de viande sèche) d'une masse brune, un peu molle, très soluble dans l'eau froide ; ce résidu, dissous dans environ 32 parties d'eau chaude et additionnée d'un peu de sel, a le goût et tous les caractères d'un excellent bouillon. L'intensité de saveur de l'extrait desséché est très grande ; aucun ingrédient culinaire ne lui est comparable comme assaisonnement.

Le résidu de la chair, épuisé par l'eau froide, est de même nature chez différents animaux, de sorte qu'on ne saurait, dans cet état, distinguer le bœuf de la chair d'oiseau, de chevreuil ou de porc.

Mais le bouillon des différents animaux possède,

outre la saveur propre à tous les bouillons, un goût particulier qui rappelle distinctement l'odeur et la saveur de la chair rôtie de ces animaux, de telle sorte qu'en ajoutant à du chevreuil bouilli l'extrait concentré de la chair de bœuf ou de poulet, on ne peut plus le distinguer au goût du bœuf ou du poulet rôtis.

Ces faits démontrent que la fibre de la chair est, dans l'état naturel, baignée et imprégnée d'un liquide albuminoïde. La qualité plus ou moins tendre de la viande cuite ou rôtie dépend donc de la quantité d'albumine qui est déposée dans la fibre, et qui, en se coagulant, empêche celle-ci de se contracter et de durcir. La viande est cuite, quoique saignante, quand elle a été portée jusqu'à 56 degrés, température de la coagulation de l'albumine; elle est parfaitement cuite, après avoir été chauffée à 70-74 degrés, c'est-à-dire, à la température de la coagulation de la matière colorante du sang.

On déduit des faits précédents plusieurs enseignements intéressants pour la préparation de la viande. Les meilleures conditions à remplir pour lui communiquer les qualités requises consistent à la mettre dans le pot quand l'eau est en forte ébullition, à la laisser bouillir pendant quelques minutes, et à maintenir ensuite la température de l'eau à 70 ou 74 degrés. L'introduction immédiate de la viande crue dans l'eau bouillante a pour effet de faire coaguler l'albumine de la surface vers l'intérieur, et de produire ainsi une enve-

loppe qui empêche le jus de s'écouler et l'eau de pénétrer davantage dans la viande. La viande reste ainsi succulente et conserve tout le goût qu'elle peut avoir, parce qu'elle retient la plus grande partie des substances sapides.

Si, au contraire, on met la viande crue dans l'eau qu'on porte ensuite lentement à l'ébullition et qu'on maintient à cette température, la viande perd toutes les parties solubles et sapides, qui passent dans le bouillon; l'albumine se dissout peu à peu du dehors en dedans, et la fibre devient ainsi dure et coriace. Plus le morceau de viande est mince, plus la perte des parties sapides est considérable.

Ainsi s'explique ce fait bien connu, que le procédé qui fournit le meilleur bouillon donne la viande la plus sèche et la plus fade, et que pour avoir un bouilli succulent, il faut renoncer au bouillon.

Le bouillon le plus savoureux et le plus substantiel s'obtient en portant lentement à l'ébullition de la viande hachée menu, avec son volume d'eau froide, maintenant l'ébullition pendant quelques minutes, passant ensuite et exprimant le bouilli. Une ébullition prolongée a bien pour effet de dissoudre quelques centièmes de parties organiques de plus, mais le goût et les propriétés du bouillon n'en sont en général pas meilleures. L'action de la chaleur sur la fibre musculaire détermine l'écoulement d'une certaine quantité d'eau ou de jus, de sorte que la viande, bouillie même dans l'eau, perd toujours jusqu'à 15 centièmes de son poids à

l'état cru; avec les morceaux plus gros cette perte est moindre.

Lorsqu'on fait rôtir la viande, la chaleur doit aussi être très forte au commencement et modérée plus tard; si l'opération est bien faite, le jus, en s'écoulant, s'évapore à la surface de la viande, et lui communique la teinte brune, le brillant et le parfum particuliers à la viande rôtie.

Les substances qui composent le jus de viande ou le bouillon sont fort nombreuses, mais imparfaitement connues. Aucune partie du corps n'est plus complexe que le tissu musculaire; il est traversé en tous sens par des ramifications infinies de nerfs et de vaisseaux ténus, remplis de liquides incolores ou colorés. En le traitant par l'eau, on en extrait toutes les parties solubles. Le bouillon est lui-même de nature très compliquée; la plupart des substances qu'il renferme sont fort riches en azote. Deux d'entre elles, la *créatine* et la *créatinine*, peuvent s'obtenir en beaux cristaux incolores et très transparents. Les parties minérales abondent surtout dans le bouillon; elles s'élèvent jusqu'à un quart du poids de l'extrait de viande sec.

L'acide libre ne paraît se produire dans le bouillon qu'à la suite d'une décomposition particulière, s'opérant extrêmement vite après la mort de l'animal, ou par l'ébullition. En effet, les muscles des animaux récemment tués ne rougissent pas le tournesol bleu avant d'avoir atteint la rigidité cadavérique.

La créatine est, comme on dit, une substance chimiquement indifférente, c'est-à-dire qu'elle ne joue ni le rôle d'acide ni celui de base.

Mais la créatinine, que le bouillon renferme en proportion bien moindre que la créatine, constitue une puissante base organique; elle se rattache aux alcalis végétaux, parmi lesquels se rencontrent les poisons les plus terribles et les médicaments les plus efficaces ; elle présente une réaction alcaline et forme des sels cristallisables avec les acides. On ne l'a encore rencontrée que dans l'économie animale.

La créatine et la créatinine sont les produits de l'action vitale, et se trouvent dans la chair de tous les animaux vertébrés examinés jusqu'à présent. La chair humaine renferme surtout beaucoup de créatine.

Ces deux substances ont les relations les plus étroites : elles contiennent les mêmes éléments, unis dans les mêmes proportions, sauf 4 atomes d'eau que la créatine renferme en plus. Elles peuvent être converties l'une en l'autre. Au contact d'un acide fort, la créatine élimine 4 atomes d'eau, et produit la créatinine, qui neutralise une partie de l'acide ; à son tour la créatinine (1), lorsqu'on la sépare de sa combinaison avec le chlorure de zinc, reprend les éléments de l'eau et se transforme en créatine (Heintz).

(1) Une solution de créatinine non entièrement pure fut abandonnée pendant quelques mois dans une armoire : presque toute la créatinine se convertit en créatine qui se déposa en un seul cristal fort gros, en même temps qu'il y eut un peu de moisissure.

La coexistence de ces deux corps dans l'économie et la facilité avec laquelle ils se transforment l'un en l'autre semblent indiquer qu'ils jouent un rôle dans les phénomènes vitaux ; le passage de la créatine à l'état de créatinine paraît surtout se rattacher à certains effets spéciaux.

En distillant, avec de l'acide sulfurique, le jus de viande (provenant de cœur de bœuf), on a également obtenu de petites quantités d'acides volatils, d'acides butyrique, acétique et formique; le résidu contenait de l'*inosite*, substance non azotée, ayant la même composition que le sucre de lait, mais bien différente de ce corps par d'autres propriétés (Scherer). Enfin, on a encore trouvé, dans le jus de viande, un acide non azoté, semblable à l'acide lactique, mais donnant des sels différents, ainsi qu'un acide azoté, l'*acide inosique*. Celui-ci a surtout été rencontré dans le jus de poulet.

Toutes ces substances ne font en somme qu'une faible portion de l'extrait de viande; la plus grande partie se compose de substances incristallisables, dont les propriétés ne sont pas encore assez étudiées pour qu'on puisse les isoler. A ces substances appartiennent surtout les parties sapides du jus, ainsi que celles qui brunissent si aisément par une douce chaleur ; il en est parmi encore une qui partage, avec la gélatine, la propriété d'être précipitée en épais flocons gluants par le tannin ou par un extrait de noix de galle.

On ne trouve pas d'acide urique dans le résidu de la viande lessivée, ni d'acide urique ou d'urée dans l'ex-

trait aqueux; cela semble indiquer que ces produits des transmutations organiques, destinés à être évacués, sont enlevés à mesure qu'ils se forment.

Le jus de viande, comme nous l'avons déjà fait remarquer, contient une combinaison chlorurée, non du sel marin ou chlorure de sodium, mais particulièrement du chlorure de potassium. Cette circonstance est d'autant plus remarquable, que le sang circulant dans les muscles est en proportion si riche en sel marin (1).

Le jus de viande contient évidemment, dans les substances qui le composent, toutes les conditions nécessaires à la formation et aux fonctions des muscles; il renferme l'albumine qui, en se métamorphosant en fibrine, donne la fibre charnue et d'autres substances qui servent à produire les ligaments et les nerfs. Il alimente les muscles tout comme il est lui-même alimenté par le sang; et comme les muscles sont la source de tous les effets dynamiques, on peut considérer le jus de viande comme la condition première de la production de toute force dans l'économie.

Ainsi s'explique la vertu du bouillon, cette panacée des convalescents. Personne n'en apprécie mieux l'action bienfaisante que les médecins des hôpitaux : mieux

(1) On a examiné, au muséum anatomique de Giessen, la chair d'un alligator mort d'une maladie indéterminée. Elle était singulièrement tachetée, surtout dans les muscles du cou, et ces taches provenaient, ainsi qu'on s'en est assuré, d'une infinité de petits cristaux d'acide urique déposés entre les faisceaux des fibres musculaires et le tissu ligamenteux.

que tous les médicaments, il répare les forces épuisées, ravive l'appétit, fortifie la digestion, ainsi que l'attestent à tous les yeux le teint et la mine des malades.

Avant de pouvoir servir à former les muscles, avant de devenir parties intégrantes du jus de viande, les substances qui composent le sang ont évidemment besoin de subir toute une série de métamorphoses. Nous consommons, dans la viande, les produits de ces métamorphoses, préparés non dans notre propre organisme, mais dans l'organisme d'un autre animal, et il est probable qu'ils conservent, en partie du moins, la faculté de produire dans le nouvel organisme des effets semblables à ceux qu'ils produiraient dans celui où ils se sont formés.

C'est en cela que consiste évidemment la haute valeur de la viande entière comme aliment : le foin, l'avoine, les pommes de terre, les navets, le pain, etc., produisent dans l'économie vivante du sang et de la chair, mais aucun de ces aliments n'agit aussi rapidement que la viande elle-même pour reproduire de la chair, pour réparer, par une aussi faible dépense de force organique, la substance musculaire dépensée par le travail.

Plusieurs médecins et chimistes, pleins d'expérience et de jugement, particulièrement Parmentier et Proust, tentèrent, il y a longtemps déjà, de donner plus d'extension à l'emploi de l'extrait de viande. Parmentier conseilla de le tenir en réserve dans les ambulances,

pour l'usage des soldats atteints de blessures graves; administré avec un peu de vin, il doit, selon lui, remédier à l'instant même à l'épuisement causé par les pertes de sang, et donner aux blessés assez de force pour supporter le transport. On ne saurait, selon Proust, imaginer d'emploi plus heureux. Quel remède est plus puissant, s'écrie-t-il, quelle panacée plus efficace qu'un morceau de véritable extrait de viande, dissous dans un verre de vin généreux? Toutes les délicatesses de la gastronomie sont pour les enfants blasés de la fortune! N'aurions-nous donc rien dans nos ambulances pour les malheureux que le sort condamne à souffrir pour nous les angoisses d'une longue agonie, dans la neige et dans la vase des marais?

Aujourd'hui que la science a révélé la nature et la composition de l'extrait de viande, c'est un véritable acte de conscience que de recommander à l'attention des gouvernements les propositions de ces hommes généreux.

Dans les pays où le bœuf ou le mouton ont peu de valeur, par exemple, en Podolie, à Buenos-Ayres, au Mexique, en Australie (1), on pourrait à très peu de frais préparer les plus fortes quantités d'extrait de viande, et les importer dans les pays d'Europe dont la popu-

(1) Voici ce que m'écrit M. James King, un des colons d'Australie les plus intelligents, qui s'est acquis des titres considérables par la culture de la vigne dans cette partie du monde :

« Irrawang, près Raymond-Terrace, Nouvelle-Galles du Sud, 26 octobre 1850.— Le pays d'ici consiste en pâturages excellents, très éten-

lation se nourrit de pommes de terre. Cette industrie aurait aussi de l'importance pour les hôpitaux : l'extrait de viande remplacerait le bouillon préparé dans ces établissements, et le médecin pourrait ainsi, dans toutes les circonstances, prescrire aux malades un bouillon d'une qualité constante et d'une force voulue.

On a essayé, dans plusieurs localités où la viande est très bon marché, de préparer en grand de l'extrait de viande, et d'en faire un objet de commerce, sous le nom de *tablettes de bouillon.* Ce produit industriel n'a pas eu de faveur et n'a pas été introduit dans les hôpitaux, comme on eût pu s'y attendre. Il était, en effet, trop cher, et l'on s'est bientôt aperçu qu'il n'avait pas les propriétés salutaires du bouillon. La mauvaise qualité de ces tablettes était une conséquence de l'idée entièrement erronée qu'on se faisait de la nature des substances actives du bouillon. Voyant que le bouillon et tous les jus de viande très savoureux se prenaient en gelée par une certaine concentration, on crut, sans autre examen, que cette matière gélatineuse était aussi la partie efficace et essentielle du bouillon ; ayant remarqué, d'un autre côté, que la meilleure viande ne donnait pas les plus belles tablettes, que la viande blanche les rendait

dus. Les bêtes à cornes et les moutons sont nombreux et à bon marché. On en abat par mois des milliers qu'on fait cuire pour l'extraction de la graisse. On jette comme inutile la partie nourrissante de la viande. Le meilleur bœuf ne coûte pas plus d'un demi-penny (cinq centimes) la livre. »

plus dures et plus aisées à conserver, que les tendons, les pieds, les cartilages, les os, l'ivoire, la corne de cerf, donnaient les tablettes les plus belles et les plus transparentes, coûtant fort peu et se vendant fort cher, les fabricants, soit ignorance, soit amour du lucre, convertirent les substances précieuses de la viande en gélatine qui ne se distingue que par son prix élevé de la simple colle forte de menuisier. On ne s'étonnera plus, après cela, du peu de succès des prétendues tablettes de bouillon.

C'est cette même opinion erronée, que la gélatine serait le principe actif du bouillon, qui provoqua, à l'hôpital Saint-Louis de Paris, une tentative malheureuse de remplacer le véritable bouillon en partie par la gélatine extraite des os. Il y eut, à ce propos, sur l'efficacité de la gélatine, des controverses remarquables auxquelles prirent part plusieurs hommes de science (M. Donné), et qui donnèrent lieu à des travaux pleins de mérite, parmi lesquels il faut surtout citer ceux de la commission nommée par l'Académie des sciences, et présidée par M. Magendie. Ces discussions éclaircirent beaucoup la question de l'alimentation : d'anciennes erreurs furent redressées, et l'on recueillit une foule de faits nouveaux, établissant la valeur nutritive d'un grand nombre de substances végétales et animales. On sait aujourd'hui, par des expériences concluantes, que la gélatine, qui, prise seule, n'a point de goût et inspire de la répugnance, ne possède aucune valeur nutritive; qu'elle est incapable, même accompagnée des

parties sapides de la viande, d'entretenir la vie, et qu'ajoutée aux autres aliments, loin d'en augmenter la valeur nutritive, elle leur porte plutôt préjudice en la diminuant.

L'ingestion de la gélatine est donc plutôt nuisible qu'utile, parce qu'au lieu de disparaître du sang, sans laisser de résidu, comme les substances non azotées destinées à la respiration par la nature, elle surcharge le sang de produits azotés dont la présence jette de la perturbation dans les fonctions organiques.

Les parties actives du bouillon existent toutes formées dans l'extrait aqueux de la viande, et ne sont pas le résultat des opérations culinaires; lorsque le bouillon contient de la gélatine, celle-ci est l'effet d'une cuisson prolongée sur le tissu ligamenteux des muscles. Voilà qui est aujourd'hui certain; aussi la gélatine n'est-elle plus beaucoup en faveur comme aliment : on ne la voit plus guère figurer que dans des soupes visqueuses, peu ragoûtantes, préparées en Angleterre et en Chine avec des nageoires de poisson et de la chair de tortue, où elle constitue un élément d'indigestion trop peu apprécié (1).

(1) Il va sans dire que les personnes qui voudraient préparer l'extrait de viande pour le commerce manqueraient leur but si elles ne cherchaient pas consciencieusement à éviter les erreurs de leurs devanciers. Il suffit, pour l'extraction de tous les principes actifs, de faire bouillir pendant une demi-heure la viande avec huit à dix fois son poids d'eau. Avant d'évaporer le bouillon, il faudra enlever avec soin toute la graisse, parce qu'elle se rancirait; l'évaporation

On sait, par expérience, que la valeur nutritive de la viande cuite est moindre lorsqu'elle est prise sans le bouillon; des expériences directes ont également démontré que la viande entièrement lessivée et épuisée par la cuisson n'a presque plus de valeur nutritive. Dans les expériences des académiciens français, que nous avons mentionnées plus haut, un chien pesant 6$^{kil.}$,3, et recevant tous les jours 0$^{kil.}$,25 de chair cuite, trempée dans l'eau, exprimée préalablement et privée de graisse autant que possible, perdit un quart de son poids dans l'espace de quarante-trois jours; au bout de cinquante-cinq jours, sa maigreur fut extrême, et l'animal, entièrement épuisé, put à peine manger encore le quart de sa ration; il conservait toutefois sa vivacité, son poil était luisant, et, sans paraître nullement phthisique, il ressemblait à un animal recevant tous les jours une bonne nourriture, mais en trop petite quantité pour suffire à ses besoins. Il n'en fut pas de même des chiens recevant tous les jours de la viande crue (contenant plus d'eau et moins de substance solide que la viande cuite),

devra s'opérer au bain-marie. L'extrait de viande n'est jamais dur et cassant, mais il est mou et attire vivement l'humidité de l'air. La cuisson de la viande peut se faire dans des chaudières de cuivre bien propres, mais l'évaporation exige des vases d'étain pur, ou mieux de porcelaine. Si l'on parvenait à le livrer au commerce au prix d'un écu de Prusse (3 fr. 75 c.) au plus le 1/2 kilogramme, l'extrait de viande serait certainement un article très lucratif. Chez nous, à Giessen, il reviendrait toujours à 2 ou à 2 1/2 écus au moins, sans compter les frais de préparation.

en quantité égale à celle que le chien précédent avait reçue ; cette viande était de la plus mauvaise qualité (des têtes de mouton), et cependant il n'y eut chez eux, au bout de cent vingt jours, aucun indice de perturbation dans la santé, et le poids de leur corps resta le même. Sans doute, le premier chien eût également conservé la santé s'il avait reçu la viande entièrement cuite, mais non lessivée, privée du jus, cette viande devait nécessairement avoir une valeur nutritive bien moindre.

Aucun des principes organiques du bouillon ne se rencontre dans le sang, à en croire du moins nos connaissances actuelles. Ces principes peuvent contribuer à la reproduction des muscles dans l'économie vivante, mais ils sont incapables de se transformer en fibrine ou en albumine du sang ; on ne peut pas davantage les considérer comme les conditions essentielles de la digestion et de la nutrition, car le lait et beaucoup d'aliments végétaux nourrissent parfaitement, sans cependant renfermer aucune substance semblable à ces principes.

Il est permis, d'après cela, de supposer que ce ne sont pas les matières organiques du jus de viande qui, par leur éloignement, abaissent la valeur nutritive de la viande ; c'est donc plutôt aux parties minérales du bouillon qu'il faut attribuer cet effet.

Un coup d'œil sur l'analyse des cendres de la viande et du bouillon suffit pour montrer que, dans la cuisson et la lixiviation de la viande, la plus grande partie des sels contenus dans la viande passe dans le bouillon.

Si l'on compare les cendres de la chair avec celles

du sang des carnivores, on trouve qu'elles contiennent les mêmes éléments, sensiblement dans les mêmes proportions (sauf le sel marin, que le sang renferme en plus). La chair contient donc les sels du sang, et, comme le prouve l'expérience, dans un rapport entièrement propre à la production de nouveau sang, et nullement préjudiciable aux fonctions vitales.

Mais si l'on épuise la chair par la cuisson, ces sels se partagent, et le résidu solide retient alors bien moins de sels que n'en renferme le sang.

La viande entière donne en sels, par l'incinération, 3 1/2 centièmes du poids de la viande sèche ; la viande lessivée par la cuisson n'en donne pas tout à fait 1 centième. 5 kilogrammes de viande fraîche donnent en somme 42,92 grammes de cendres ; par la cuisson et la lixiviation des 5 kilogrammes, 35,28 grammes de ces cendres passent dans le bouillon ; il en reste dans la viande cuite 7,64 grammes. La viande entière contient, dans ses cendres, 40 pour 100 de potasse ; la viande cuite n'en renferme plus que 4,78 pour 100 (1).

La totalité des sels contenus dans la viande entière est nécessaire pour reproduire du sang avec sa fibrine et

(1) *Composition des cendres de la viande, d'après M. Keller.*

Acide phosphorique	36,60
Potasse	40,20
Terres et oxyde de fer	5,69
Acide sulfurique	2,95
Chlorure de potassium	14,81
	100,25

son albumine; en enlevant les 4 cinquièmes (82 pour 100) de ces sels, indispensables à la sanguification, on diminue évidemment d'autant la valeur nutritive de la viande. L'insuffisance des sels n'empêche pas précisément les éléments de la viande de se métamorphoser dans l'économie, mais elle met obstacle à la transformation en sang des deux parties essentielles de la viande, de la fibrine et de l'albumine, transformation dont les sels sont les médiateurs indispensables; la viande devient donc un simple aliment de respiration (très imparfait, sans doute), et perd ainsi de sa force nutritive. Cette perte est d'autant plus grande que la quantité des sels enlevés est plus forte; elle est peut-être aussi la conséquence d'une disproportion résultant du partage des sels, et préjudiciable à la formation du sang.

En effet, la viande, épuisée par la cuisson, donne des cendres contenant au delà de 17 centièmes d'acide phosphorique de plus qu'il n'en faut pour produire des sels alcalins, comme en exige le sang; la lixiviation de la

	De ces cendres il passe, par la cuisson de la viande, dans le bouillon :	Il reste dans la viande cuite :
Acide phosphorique....	26,24	10,36
Potasse..............	35,42	4,78
Terres et oxyde de fer..	3,15	2,54
Acide sulfurique......	2,95	»
Chlorure de potassium..	14,81	»
	82,57	17,68

Le bouillon contient 0,46; la viande cuite 1,42 phosphate de fer.

viande diminuerait donc l'efficacité nutritive de ses sels, en partageant ceux-ci en sel acide, qu'on peut concevoir comme étant sécrété par les reins, et en sel alcalin qui peut servir à la formation du sang (1).

On comprend, d'après ce qui précède, la diminution de la valeur nutritive de la viande salée, et l'influence que l'usage exclusif de cet aliment exerce sur la nature des humeurs et du sang. Il n'est pas de ménagère qui ne sache que lorsqu'on saupoudre de sel marin la viande fraîche, sans y ajouter une seule goutte d'eau, la viande finit néanmoins, au bout de quelques jours, par nager dans une saumure; il est bien connu aussi que le poids de la viande diminue considérablement dans l'eau salée, tandis que le poids de l'eau augmente. Ce phénomène

(1) Un aliment qui, comme le jaune des œufs de poule, contient la potasse et l'acide phosphorique dans le rapport du sel acide (PO^5,MO), ne peut plus servir à la formation du sang, un semblable partage n'y étant plus possible.

M. Magendie rapporte, dans ses expériences, qu'ayant à sa disposition beaucoup de jaunes d'œufs, il voulut s'assurer si les chiens s'en laisseraient nourrir. Dans ce but, il donna douze à quinze jaunes d'œufs durcis par la cuisson à de jeunes chiens bien portants et jouissant d'un excellent appétit. Le premier jour, les jaunes furent mangés avec une certaine répugnance; le second, la répugnance fut encore plus forte, et le quatrième, les animaux n'y touchèrent plus, bien qu'ils fussent fort affamés.

Le jaune fait les 40 centièmes, le blanc les 60 centièmes de l'œuf de poule : le premier renferme jusqu'à 1,5 p. 100 (voyez la note, p. 157); l'autre contient seulement 0,65 p. 100 de parties minérales.

s'explique aisément : la viande fraîche contient de l'eau comme absorbée par une éponge, en quantité égale à plus des trois quarts de son poids, mais elle n'est capable de retenir qu'une quantité d'eau salée infiniment moindre ; toutes circonstances étant égales d'ailleurs, elle n'absorbe dans ses pores, en eau salée saturée, que la moitié de l'eau pure. Voilà pourquoi la viande fraîche laisse écouler, au contact du sel, la moitié de son eau, devenue eau salée ; mais cette saumure n'est pas simplement de l'eau salée, elle contient du jus de viande, du bouillon, avec toutes ses parties actives, organiques et minérales. La salaison produit donc le même effet que la lixiviation par la cuisson ; elle diminue la valeur nutritive en enlevant les substances nécessaires à la formation du sang.

Sur trois quintaux de viande, deux peuvent, par l'action complète du sel, devenir impropres à l'entretien des fonctions vitales et se transformer en agents de respiration d'un effet nuisible. On peut éviter cette perte, ainsi que le démontre le succès de quelques essais, en évaporant la saumure de manière à séparer le sel par la cristallisation et en ajoutant à la viande salée, après l'avoir cuite, l'eau mère sirupeuse qui est une solution très concentrée de jus de viande. Il est naturellement plus commode, mais aussi plus dispendieux, de restituer les principes enlevés à la viande salée, en y ajoutant du jus de viande pur.

La viande renferme, dans les substances qui la com-

posent, certaines conditions générales de nutrition et de digestion, sous le rapport desquelles elle ressemble à d'autres aliments du règne animal ou végétal. Sa fibrine et son albumine lui donnent une valeur déterminée pour la production de l'albumine et de la fibrine du sang; sa graisse sert à la production de la chaleur, ses sels interviennent dans la production du sang, des sécrétions, de la chaleur. A part cela, la viande possède, dans les principes si remarquables du jus, une valeur particulière pour des fonctions plus élevées, et c'est ce qui la distingue de tous les aliments animaux.

Toutes les viandes ne se ressemblent pas sous le rapport de leur valeur nutritive. Le veau, par exemple, diffère considérablement du bœuf, quant aux proportions des sels : les deux espèces de viandes donnent sensiblement les mêmes quantités de cendres, mais le bœuf est plus riche en alcali. Les parties minérales du veau (1) contiennent passé 15 pour 100 d'acide phosphorique de plus qu'il n'en faut pour la production d'un sel neutre ;

(1) *Cendres de veau, analysées par M. Staffel (sel marin déduit).*

Phosphate de potasse......	68,05	$PO^5,2MO$	73,71
— de soude.......	5,66		
— de chaux.......	3,72		9,97
— de magnésie....	6,24		
Acide phosphorique libre..........................			15,10
Oxyde de fer..................................			0,30
Silice..			0,92
			100,99

Suivant M. Staffel, le bœuf contient 1,06 oxyde de fer.

la même viande ne contient, en proportion, que peu de fibrine aisément digestible ; la plus grande partie de la fibre charnue du veau se compose d'une substance semblable à la fibrine du sang, qui se gonfle sans se dissoudre dans l'eau additionnée d'acide chlorhydrique; elle est riche en tissu ligamenteux soluble, et ne contient ordinairement que peu de graisse.

Un autre caractère qui distingue essentiellement le veau de la viande rouge, par exemple du bœuf, c'est une plus faible proportion d'oxyde de fer.

Le fer oxydé est une des parties essentielles des substances minérales du sang. Déduction faite du sel marin, sa quantité s'élève à plus de 20 pour 100 de la totalité des cendres (de sang d'homme, de bœuf, de mouton, etc.); la présence constante et la forte proportion du fer dans le sang indiquent suffisamment le rôle important qu'il remplit dans les fonctions vitales.

Le fer est un des principes essentiels de la matière colorante du sang, et conséquemment des globules. Les globules sont les intermédiaires de tous les effets du sang ; ils déterminent l'échange des gaz dans la respiration, toutes les transmutations des tissus, la production de la chaleur et de la force. L'intensité de ces fonctions est dans un rapport défini avec le nombre des globules, et, par ceux-ci, avec la proportion du fer contenu dans le sang. Il y a des maladies, comme certains cas de chlorose, où le nombre des globules est diminué d'un quart, et par conséquent la proportion du fer dans le même rapport. L'expérience prouve que

les sels de fer, administrés à petites doses, rétablissent entièrement la santé, en faisant disparaître l'extrême lassitude des membres, la faiblesse, la pâleur, la basse température, caractéristiques de ces maladies.

Ceci prouve l'efficacité du fer et la nécessité de sa présence dans les aliments. La formation des globules du sang ne peut pas se concevoir sans le fer. Une nourriture substantielle doit toujours contenir une certaine quantité de fer correspondante à celle qui est journellement rendue inactive et évacuée par le canal intestinal; si le fer était exclu des aliments, la vie organique serait évidemment impossible.

Les aliments végétaux, notamment la graine des céréales, et par elle le pain, contiennent autant de fer que le bœuf, et en général la viande rouge; le veau renferme un tiers de fer de moins que le bœuf. Le fromage (1), les œufs, et surtout le poisson, en renferment bien moins encore que le veau.

(1) *Composition des cendres du fromage, d'après M. Johnston (sel marin déduit).*

	Fromage suisse préparé avec la présure.	Fromage extrait du lait aigri (*handkaes* des Allemands).
Alcalis	13,48	42,69 (*)
Chaux	39,22	8,92
Magnésie	1,77	0,00
Oxyde de fer	0,35	0,40
Acide phosphorique	45,00	47,88
Silice	0,18	0,11
	100,00	100,00

(*) Parmi ces alcalis se trouvaient 25,68 p. 100 de soude que la décomposition du sel marin avait probablement introduits dans les cendres, car il n'y a pas de sels de soude dans le lait, ou du moins on n'en trouve que des traces.

Le lait (0,47 pour 100), le fromage, les œufs et le poisson, sont ce qu'on appelle des aliments *maigres*. La faible quantité de fer qu'ils renferment explique, jusqu'à un certain point, le but que les préceptes religieux cherchent à atteindre par l'interdiction de la viande, et surtout de la viande rouge.

Les autres parties minérales de la chair de poisson sont les mêmes que celles du bœuf. Par la cuisson du poisson, une portion des parties solubles de la chair passe dans le bouillon, qu'on ne prend pas habituellement, ce qui diminue la valeur du poisson comme aliment propre à la sanguification. Sous ce rapport, la valeur nutritive est surtout très faible pour les poissons séchés (la morue) ou salés, qu'on a besoin de lessiver dans l'eau avant de les manger (1).

(1) *Composition des cendres de morue, lessivée à l'eau de chaux et lavée, d'après M. Zedeler.*

Acide phosphorique....	16,775
Soude...............	4,259
Chaux...............	40,218
Potasse..............	3,700
Magnésie............	3,272
Oxyde de fer.........	0,537
Acide sulfurique......	1,643
Acide carbonique......	13,555
Sel marin............	15,112
	99,072

100 parties de morue sèche ont donné 7,25 parties de cendres.

Dans beaucoup de localités d'Allemagne, on lessive la morue avec de l'eau de chaux. L'instinct a fait trouver ici le moyen, commandé par la science, de retenir dans l'aliment une grande partie de l'acide phosphorique sous forme de phosphate des os; c'est encore ce même conseiller infaillible de l'homme et des animaux qui supplée à l'insuffisance alimentaire du veau, du poisson, des œufs, par l'addition des légumes verts, des pommes de terre, de la salade. Sous ce rapport, les herbes culinaires comblent bien des lacunes. Il est prodigieux de voir la quantité des sels, des terres et des alcalis contenus dans certaines herbes employées dans la cuisine : le céleri contient 16 à 20 pour 100, la salade romaine ordinaire 23 à 24 pour 100, les choux de Bruxelles jusqu'à 10 parties de cendres pour 100 parties de plante sèche.

Pour avoir une idée nette de la valeur nutritive du caséum, de la fibrine du sang et des tissus donnant la gélatine, il est nécessaire de considérer leur composition à un point de vue plus élevé.

Si l'on range les principes essentiels de l'organisme animal, ainsi que le caséum et les produits ultimes des transmutations organiques, d'après leur teneur en azote et le rapport de cet azote au carbone, en commençant par les substances les moins azotées, on obtient la série suivante :

1.	Albumine du sang contient. .	1 éq. d'azote p.		8 éq. de carbone.	
2.	Albumine de la chair.	1	—	8	—
3.	Albumine des œufs.	1	—	8	—
4.	Fibrine de la chair.	1	—	8	—
5.	Caséum.	1	—	8	—
6.	Chondrine.	1	—	8	—
7.	Fibrine du sang.	1	—	7 3/7	—
8.	Tissus cornés, et poils.	1	—	7	—
9.	Tissus donnant de la gélatine, membranes.	1	—	6 1/3	—
10.	Acide inosique.	1	—	5	—
11.	Glycocolle.	1	—	4	—
12.	Créatine et créatinine.	1	—	2 2/3	—
13.	Acide urique.	1	—	2 1/2	—
14.	Allantoïne.	1	—	2	—
15.	Urée (1).	1	—	1	—

La série des produits azotés engendrés dans l'économie vivante commence par l'albumine et finit par l'urée.

L'albumine est la combinaison la plus complexe, l'urée est la plus simple. L'économie des plantes réunit

(1) Parmi les substances inscrites dans ce tableau, l'albumine du sang, des œufs et de la chair, et le caséum du lait ont déjà souvent été mentionnés dans ces lettres. La *chondrine* est la substance organique contenue dans les os des animaux, avant l'ossification; elle ressemble, sous beaucoup de rapports, à la substance qui donne la gélatine, mais elle en diffère entièrement par la composition. Le *glycocolle* présente des propriétés très remarquables. Quoique ni acide, ni alcalin, ce corps joue à la fois le rôle d'acide et celui de base. On peut l'obtenir avec la gélatine, l'acide cholique ou l'acide hippurique,

les combinaisons les plus simples pour en façonner des combinaisons plus complexes; dans l'économie des animaux, celles-ci se simplifient de nouveau. Plusieurs d'entre les corps qui viennent après l'albumine contiennent la même proportion d'azote; ils naissent de l'albumine sous l'influence de l'oxygène, par des éliminations successives de carbone ou d'une combinaison carbonée. Pour ces corps, l'économie vivante consiste en un système d'opérations qui les résolvent en combinaisons plus simples ou minérales. A partir de l'acide inosique, aucun des produits ne présente plus de forme organisée; le glycocolle, l'acide urique, l'allantoïne et l'urée sont cristallisables, c'est-à-dire que leur forme est déterminée par une force inorganique.

On comprend, d'après ce qui précède, comment la fibrine du sang peut se produire par la fibrine de la chair, comment la substance des membranes et des ligaments peut s'engendrer par la fibrine du sang. Mais la gélatine ou la fibrine du sang ne peut plus donner d'albumine; une combinaison complexe peut produire une substance plus simple, mais les forces qui

et le considérer comme la copule de ces combinaisons. L'acide cholique est une partie essentielle de la bile; l'acide hippurique, l'acide urique, l'allantoïne et l'urée sont des principes de l'urine.

La substance cornée n'est pas une combinaison simple. Lorsqu'on abandonne dans un lieu chaud de la rognure de corne recouverte d'eau, elle se putréfie et se dédouble en deux produits, dont l'un ressemble au caséum, l'autre à l'albumine; ils en diffèrent néanmoins par la composition.

agissent dans l'économie s'opposent à ce qu'une combinaison simple y engendre une substance plus complexe.

En nous plaçant dans les mêmes conditions que l'économie, nous sommes en état de produire l'allantoïne avec l'acide urique, l'urée avec l'acide urique ou la créatine ; il est très probable aussi que nous obtiendrons l'acide urique et l'urée avec les tissus qui donnent la gélatine, ou la substance des membranes avec la fibrine du sang, parce que ces métamorphoses se font aussi en descendant la série organique. Ce sont donc toujours les lois de destruction que nous trouvons les premières ; reste à savoir s'il nous est donné de découvrir jamais les lois d'édification.

On affirme souvent, et nous l'avons même dit nous-même dans les lettres précédentes, que l'albumine et la caséine seraient identiques. A la rigueur, cela n'est pas exact ; il n'y a que la fibrine de la chair et l'albumine du sang qui soient réellement identiques ; mais l'albumine des œufs n'est pas identique avec ces deux corps, car elle renferme, pour les mêmes éléments, moitié plus de soufre. Ce soufre doit évidemment s'éliminer quand l'albumine des œufs se métamorphose en albumine du sang. Un rapport semblable se présente pour la caséine, seulement il est inverse : pour la même proportion de soufre, elle renferme plus de carbone, d'hydrogène et d'azote que l'albumine du sang, et il est certain que lorsque ce

principe du lait se transforme en albumine du sang, dans l'organisme du jeune animal, il doit s'éliminer une combinaison contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, car de cette matière seulement il peut en résulter une substance contenant plus de soufre.

Des deux acides de la bile, l'un, l'*acide choléique*, renferme également du soufre. Cette combinaison sulfurée résulte évidemment de la fibrine ou de l'albumine du sang, qui contiennent du soufre, et non de la substance exempte de soufre qui compose les membranes et les ligaments.

La moyenne des meilleures analyses (1) conduit aux

(1) *Analyses de l'albumine du sang, de la caséine, de la fibrine du sang, de la chondrine et de la gélatine, comparées avec les formules précédentes.*

	Albumine du sang.		Caséine.		Fibrine. du sang.		Chondrine.		Gélatine.	
	Form.	Anal.	Form.	Anal.	Form.	Anal.	Form.	Anal.	Form.	Anal.
Soufre . . .	1,3	1,30	0 9	0,9	0,98	1,0	»	»	»	»
Carbone . .	53,5	53,50	53,7	53,6	53,4	53,2	49,4	49,2	49,3	49,4
Azote. . . .	15,6	15,50	15,7	15,8	16,8	17,2	14,4	14,6	18,3	18,5
Hydrogène .	7,0	7,16	7,1	7,1	6,8	6,9	6,7	6,9	6,7	6,9
Oxygène . .	22,6	22,54	22,6	22,6	22,2	21,7	29,5	29,3	25,7	25,2
	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

L'exactitude des formules de l'acide choléique et de l'acide cholique a été mise en évidence par M. Strecker. Prout et d'autres chimistes ont établi les formules de l'acide urique, de l'allantoïne et de l'urée.

rapports suivants pour la composition des parties essentielles de l'organisme :

		Soufre.	Azote.	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.
Albumine du sang, Fibrine de la chair, Albumine de la chair,	contiennent pour	2 éq.	27 éq.	216 éq.	169 éq.	68 éq.
Albumine des œufs		3	27	216	169	68
Caséine		2	36	288	228	90
Fibrine du sang		2	40	298	228	92
Chondrine		»	9	72	59	32
Tissus à gélatine		»	13	82	67	32
Acide choléïque		2	1	52	45	14
Acide cholique		»	1	52	43	10
Acide urique		»	4	10	4	6
Urée		»	2	4	4	2

Les rapports d'équivalents inscrits dans ce tableau ne présentent rien d'hypothétique. C'est l'interprétation numérique et aussi exacte que le permet l'état actuel de l'analyse chimique, de faits parfaitement établis par l'expérience. Les nombres qui expriment ces rapports ont l'avantage de donner un aperçu de la composition de ces différents corps.

Peut-être, cependant, disent-ils quelque chose de plus. Peut-être, dis-je, indiquent-ils non seulement les proportions relatives des éléments contenus dans l'albumine, la fibrine du sang, la caséine, la chondrine et les tissus à gélatine, mais encore le nombre des équivalents contenus dans leur molécule, dans leur atome; et, s'il en est ainsi, les mêmes nombres, les

mêmes formules sont alors propres à nous donner une idée plus complète de la nutrition et des transmutations organiques.

Quelques exemples feront comprendre mon idée.

Si l'on défalque de la formule de la caséine les éléments, de l'albumine qui, comme nous le savons, se produit par ce corps, on obtient :

	Soufre.	Azote.	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.
Formule de la caséine.	2 éq.	36 éq.	288 éq.	228 éq.	90 éq.
Moins la formule de l'albumine du sang.	2	27	216	169	68
Restent.	»	9 éq.	72 éq.	59 éq.	22 éq.

On voit, par ces nombres, que pour se transformer en albumine du sang, la caséine a besoin d'éliminer certaines proportions de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène. Il est remarquable que, sauf l'oxygène, ces proportions représentent celles que renferme la chondrine, de telle sorte qu'en ajoutant 10 équivalents d'oxygène aux éléments de la caséine, on obtient exactement la somme des éléments de l'albumine du sang et de la chondrine :

	Soufre.	Azote.	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.
Formule de la chondrine.	» éq.	9 éq.	72 éq.	59 éq.	32 éq.
Formule de l'albumine du sang	2	27	216	169	68 éq.
Ensemble	2 éq.	36 éq.	288 éq.	228 éq.	100 éq.
Formule de la caséine. .	2 éq.	36 éq.	288 éq.	228 éq.	90 éq.
Plus 10 éq. d'oxygène					10

Il est peut-être permis de conclure des relations précédentes que la nature offre au jeune animal, tout formés dans le lait, non seulement la partie essentielle de son sang, mais encore les éléments nécessaires à la production de ses os.

Les rapports suivants ne sont pas moins remarquables :

La formule de l'albumine, plus 2 éq. d'eau......	renferme les éléments	de 2 gélatine, de 1 acide choléique.
La formule de la fibrine du sang, plus 8 éq. d'eau.	=	1 albumine du sang, 1 gélatine.
La formule de la chondrine...............	=	1 acide cholique, 2 acide urique, 8 eau.
La formule de la gélatine, plus 10 éq. d'oxygène..	=	1 acide cholique, 3 acide urique, 12 eau.
La formule de l'albumine, plus 10 équiv. d'eau et 56 éq. d'oxygène......	=	1 acide choléique, 2 acide cholique, 12 urée, 36 acide carbonique.

J'admets comme une vérité, qui ne me semble nécessiter aucune démonstration particulière, que c'est par l'albumine que se produisent la gélatine et l'acide choléique, ainsi que la fibrine du sang ; que c'est par la gélatine et la chondrine que se forment l'acide urique et l'urée. Mais, dans nos connaissances actuelles, les formules chimiques indiquent seulement dans quels rapports ces métamorphoses *peuvent* se faire, et non pas dans quels rapports elles se font en réalité. C'est là

précisément le point hypothétique de nos formules : elles ne sont que vraisemblables.

Toutefois elles indiquent positivement que l'albumine, plus 10 équivalents d'eau, renferme exactement les éléments de la substance des membranes et de l'acide choléique; que la fibrine du sang est peut-être de l'albumine à moitié transformée en gélatine; que la gélatine peut, sous l'influence de la respiration, se décomposer exactement en acide cholique, acide urique ou en urée, acide carbonique et eau; que s'il se forme de l'acide urique par la gélatine, dans les transmutations de l'économie, il reste les éléments de l'acide cholique; que la production des principes de l'urine doit être dans un rapport très intime avec la production des principes de la bile.

Nous tirons aussi des formules précédentes cette conclusion, que la valeur nutritive de la caséine du lait est plus grande pour l'enfant, et plus faible pour l'adulte, que celle de l'albumine; car la nature doit employer ou utiliser l'excès des éléments contenus dans la caséine, sur ceux de l'albumine, à des buts qui n'ont plus d'importance pour l'animal adulte. Nous en concluons enfin que la gélatine qu'on ingère par les aliments est impropre à la sanguification, et qu'elle augmente la production des principes de la bile et de l'urine (1). Cette dernière conclusion est d'ailleurs

(1) On sait qu'en faisant agir des corps oxygénants sur la cholestérine, on produit un acide particulier, l'*acide cholestérique* (Redten-

depuis longtemps justifiée par l'expérience, du moins quant à l'urine.

Le gluten des céréales, ainsi que l'albumine des sucs végétaux, présente la même composition que l'albumine du sang. La caséine végétale possède la composition de la caséine animale.

Quant aux proportions des sels ou des parties incombustibles, les diverses céréales varient beaucoup. Dans le froment (1), l'acide phosphorique varie de 40-48 (Fr. Way et Ogston) à 60 pour 100 (Erdmann). Il y a du froment dont les cendres ont la même composition que la viande lessivée par la cuisson, et il ne

bacher). Ce même acide se produit, dans des circonstances semblables, par l'acide choléique et l'acide cholique (Schlieper). On ne l'obtient avec aucune autre substance animale. Cette réaction établit un lien entre les acides de la bile et la cholestérine, ce principe qui constitue les calculs si fréquents dans cette sécrétion. Il n'est pas impossible que la cholestérine se produise, dans l'économie, par une métamorphose des acides de la bile. On ne sait pas d'ailleurs ce que deviennent ces acides.

(1) *Analyse des cendres de froment, par M. Erdmann. (Déduction faite de* 1,33 *pour* 100 *de silice et de* 3,37 *pour* 100 *de sable.)*

Phosphates alcalins ($PO^5,2MO$)	49,18
Phosphates terreux ($PO^5,2MO$)	23,13
Acide phosphorique libre	27,69
	100,00

On peut aussi consulter les excellentes analyses de MM. Th. Way et Ogston.

paraît donc pas probable que l'usage exclusif du pain de froment puisse longtemps entretenir la vie (1).

La fleur de farine de froment contient plus d'amidon que la farine ordinaire; le son de froment est, en proportion, le plus riche en gluten.

La fleur de farine de froment d'Amérique est une des farines les plus riches en gluten, et par conséquent une des plus nourrissantes.

La farine et le pain de seigle contiennent une substance semblable à la dextrine, et qui se convertit fort aisément en sucre. L'amidon de l'orge se rapproche, sous certains rapports, de la cellulose, et se digère moins facilement. L'avoine renferme beaucoup de principes plastiques; l'avoine d'Écosse est plus riche que l'avoine cultivée en Allemagne et en Angleterre (R. T. Thomson); cette céréale donne des cendres qui, déduction faite de la silice des pellicules, présentent sensiblement la composition des cendres du jus de viande.

Pour faciliter le blutage de la farine, beaucoup de meuniers humectent légèrement le blé avant de le moudre. Si l'on n'enlève pas avec soin cette humidité

(1) Trouve-t-on un aliment aussi complet dans la fleur de farine que dans la farine brute? Je ne le pense pas, et je rappelle à ce sujet que M. Magendie vit mourir, au bout de cinquante jours, un chien qui mangeait à discrétion du pain blanc de froment pur; tandis qu'un autre chien, nourri exclusivement de pain bis (farine et son), vécut très bien, sans la moindre altération de santé. (Millon, *Comptes rendus des séances de l'Académie*, XXVIII, 40.)

par une chaleur artificielle, elle cause à la longue l'altération de la farine. Celle-ci prend une saveur de pourri, se pelotonne, et devient rude au toucher. La pâte d'une semblable farine est onctueuse, et donne un pain lourd, compact et dépourvu de pores. Cette altération provient d'une réaction, déterminée par l'humidité, entre le gluten et l'amidon, réaction qui a pour effet la formation de l'acide acétique et de l'acide lactique, qui rendent le gluten soluble dans l'eau, propriété qu'il ne présente pas dans d'autres conditions.

Plusieurs sels rendent le gluten de nouveau insoluble, en formant avec lui une combinaison chimique. Il y a vingt ans environ, des boulangers belges découvrirent qu'en ajoutant du sulfate de cuivre à la pâte d'une farine altérée, on peut en obtenir un pain d'une aussi belle apparence que le pain fait avec la meilleure farine de froment. Mais le sulfate de cuivre est un sel vénéneux, et en corrigeant ainsi les propriétés physiques de la farine, on la déteriore sous le rapport de ses propriétés chimiques.

L'alun agit comme le sulfate de cuivre. Ajouté à la pâte, il rend le pain très blanc, élastique, ferme et sec. Il paraît que les boulangers de Londres, pressés de livrer un pain plus blanc que ne le peut fournir l'excellente farine de froment d'Angleterre et d'Amérique, se sont vus contraints de faire un usage constant de l'alun dans la panification. J'ai vu, en Écosse, dans une fabrique d'alun, des monceaux de ce sel en poudre fine destinés à la boulangerie de Londres. Les étrangers

reprochent, en général, au pain de Londres d'être d'une digestion difficile. On peut se l'expliquer en considérant que la combinaison de l'acide phosphorique et de l'alumine est à peine décomposable par les acides et les alcalis.

L'addition d'une petite quantité d'eau de chaux à la farine avariée produit le même effet que l'alun et le sulfate de cuivre, sans avoir les mêmes inconvénients.

La mixtion intime de la salive avec le pain, pendant la mastication, est une condition favorable à la digestion rapide de l'amidon. Aussi l'état de porosité que la farine reçoit dans le pain en accélère la digestion.

La porosité de la pâte du pain provient d'une fermentation. On ajoute au pain de la levûre de bière qui met en fermentation le sucre résultant de l'action du gluten sur l'amidon, et l'acide carbonique qui se dégage alors produit des bulles dans toutes les parties de la pâte.

On emploie du *levain* pour le pain de seigle : on ajoute à la pâte fraîche une certaine quantité de pâte en fermentation d'une préparation antérieure. Ce levain transforme une certaine quantité de sucre en acide acétique et en acide lactique, de manière à communiquer au pain une légère réaction acide.

Plusieurs chimistes sont d'avis que la farine éprouve, dans la fermentation de la pâte, une perte de substances nutritives, par l'effet d'une décomposition du gluten. On a donc proposé de rendre la pâte poreuse sans la faire fermenter, mais au moyen de substances

qui, par leur mélange, dégagent du gaz carbonique.

Cette opinion ne comporte pas l'examen. Lorsque la farine, mise en pâte avec de l'eau, est abandonnée à une douce chaleur, le gluten éprouve une altération semblable à celle que subit l'orge humide dans le maltage par un commencement de germination. Cette altération a pour effet la transformation de l'amidon en sucre. Dans le maltage, la plus grande partie de l'amidon se convertit ainsi; dans la pâte, quelques centièmes seulement éprouvent cette transformation. Une petite quantité passe alors à l'état soluble, où elle acquiert les propriétés de l'albumine, sans devenir pour cela moins nutritive, ou d'une digestion plus difficile.

On ne peut pas mettre ensemble de la farine et de l'eau, sans qu'il se produise du sucre par l'amidon; c'est ce sucre, et non le gluten, dont une partie fermente et se décompose en alcool et en acide carbonique.

La valeur nutritive du malt n'est pas inférieure à celle de l'orge avec laquelle on le prépare, bien que, dans le maltage, le gluten éprouve une altération bien plus forte que dans la panification.

On sait aussi, par expérience, que les substances plastiques contenues dans les pommes de terre, ainsi que dans le malt, qu'on y ajoute, pour faire l'eau-de-vie, ne perdent pas sensiblement de leur valeur nutritive, bien qu'elles assistent à toutes les phases de la formation du sucre et de la fermentation de ce produit.

Il ne peut donc pas être question d'une perte de

gluten dans la panification. Dans cette opération, il ne se consomme qu'une très petite quantité d'amidon pour la formation du sucre, et la fermentation est non seulement le meilleur et le plus simple, mais encore le plus économique de tous les procédés destinés à donner au pain de la porosité. Les chimistes, d'ailleurs, ne devraient, en général, jamais proposer l'emploi des produits chimiques pour les préparations culinaires, car ces produits ne se trouvent presque jamais, dans le commerce, à l'état de pureté. Ainsi, par exemple, l'acide muriatique brut qu'on a recommandé de mêler au pain, avec du carbonate de soude, est toujours très impur et contient fort souvent de l'arsenic ; le chimiste n'emploie jamais cet acide à des opérations, cependant moins importantes, sans l'avoir préalablement purifié.

Les propositions qu'on a faites jusqu'à présent, pour remplacer la farine et pour abaisser le prix du pain, dans les cas de disette, prouvent combien on méconnaît les principes rationnels de l'hygiène, combien on ignore encore les lois de la nutrition.

Il en est du prix des aliments comme du prix des combustibles. Si l'on veut prendre la peine de comparer entre eux les prix des différents charbons de terre, des bois à brûler, des lignites et des tourbes, on trouvera que le nombre des centimes qu'on paye pour un certain volume ou poids de ces matériaux, est à peu près en raison de leur valeur comme combustible,

c'est-à-dire du nombre des degrés de chaleur qu'ils dégagent par la combustion. Dans une localité où l'on brûle du bouleau, du chêne et du sapin, le choix du bois ne se règle pas sur son prix ou sur sa valeur comme combustible, mais l'avantage du choix dépend du but à atteindre. Lorsque le foyer est spacieux, large ou très long, le bois de sapin est plus avantageux, parce que sa flamme occupe le plus d'espace; lorsque, au contraire, le foyer est petit et étroit, on donne la préférence au bois de bouleau, à cause du charbon qu'il donne. Dans l'évaluation de ces valeurs, une seule personne peut aisément se tromper, mais l'expérience journalière de plusieurs milliers d'individus compense les erreurs.

Le prix moyen des aliments dans un grand pays est ordinairement la mesure de leur valeur nutritive; les différences de prix d'un endroit à l'autre proviennent de circonstances locales, de la difficulté ou de la facilité du transport, du bon ou du mauvais état des voies de communication, des canaux, des rivières, etc. Pour les buts de la nutrition, le seigle n'est pas moins cher que le froment, le riz et les pommes de terre ne sont pas moins chers que le blé; de même, sous le rapport de la qualité nutritive, la farine de froment ne peut pas être remplacée par une autre farine. Ces rapports ne changent qu'en temps de famine : les pommes de terre et le riz acquièrent alors une valeur plus élevée, parce qu'à leur valeur nutritive vient s'ajouter une autre valeur, qu'ils possèdent toujours, il est vrai, comme

aliment de respiration, mais qu'on n'estime pas en temps d'abondance.

On a proposé, pour abaisser le prix du pain, d'ajouter à la pâte de la fécule de pomme de terre, de la dextrine, du riz, de la pulpe de navet, des pommes de terre exprimées, crues ou cuites; mais toutes ces additions en diminuent la valeur nutritive.

L'addition, à la farine, de la fécule, de la dextrine ou de la pulpe de navet donne un mélange dont la valeur nutritive est égale à celle des pommes de terre ou même moindre; et certes ce n'est point une amélioration que cette transformation de la farine de blé en un aliment ayant la même valeur que le riz ou les pommes de terre. Le vrai problème consiste à communiquer au riz et aux pommes de terre une efficacité égale ou semblable à celle de la farine de blé, et non pas à faire l'inverse. Dans tous les cas, il vaut toujours mieux faire cuire les pommes de terre et les manger ainsi avec le pain; l'autorité devrait même en interdire l'addition au pain, à cause des fraudes inévitables.

Le mélange de la farine de pois, de haricots, ou de fromage blanc, avec la farine de seigle, comme il se pratique en Bavière (D. Vogel), répond plutôt au but; toutefois on n'y gagne rien quant au prix.

On ne réalise, en effet, une véritable économie qu'en employant, dans ce but, les déchets qui, dans le cours ordinaire des choses, n'ont point de valeur comme substances alimentaires.

Ainsi, en Angleterre on traite les meilleures farines de froment par milliers de quintaux, pour l'extraction de l'amidon, destiné à l'apprêt des calicots, et le gluten qu'on obtient comme produit accessoire (12 à 20 pour 100 de la farine sèche) est, en plus grande partie, perdu pour l'alimentation.

Dans les expériences des académiciens français, on a nourri des chiens pendant 90 jours avec du gluten de froment, que les animaux mangeaient cru, sans répugnance et sans interruption, sans qu'il en résultât aucune perturbation de leur santé (1).

A part les substances organiques du jus de viande, il n'est pas de matière plus rapprochée de la fibrine de la chair que le gluten du blé, sous le rapport des propriétés et de la valeur nutritive. Bouilli dans un peu d'eau salée, séché et réduit en poudre fine, le gluten se laisse aisément conserver, et donne, avec un peu d'extrait de viande et d'herbes de cuisine ordinaires, le potage le plus substantiel et le plus savoureux. Comme provision de bouche pour les navires et les forteresses, le gluten sec (associé à de l'extrait de viande) rendrait disponible une grande quantité de viande.

Dans la préparation de la bière, il s'effectue, comme

(1) Le gluten d'une fabrique d'amidon a donné 1 à 1/4 pour 100 de cendres, contenant 7,87 potasse, 2,14 soude, 17,31 chaux, 12,08 magnésie, 7,13 oxyde de fer : total, 47,13 pour 100 de bases combinées avec 52,08 acide phosphorique, 0,69 acide sulfurique, et 0,09 chlore. (Kekulé.)

on sait, une séparation, d'avec l'amidon, des principes plastiques de l'orge. Ceux d'entre eux qui, dissous dans le moût, se précipitent pendant la fermentation sous forme de levûre, sont entièrement perdus pour la nutrition.

Cette levûre est en partie utilisée, dans certaines localités d'Allemagne, où on l'estime beaucoup pour la nourriture des bestiaux, surtout des vaches laitières.

Dans la préparation du moût, il se dépose, à la surface des guilloires, une masse pâteuse qui est composée des particules ténues de la farine du malt, tenues en suspension dans le liquide. Les brasseurs bavarois appellent cette masse *obertaig*. Elle contient jusqu'à 26 pour 100 de parties plastiques et 4 à 8 pour 100 de fécule. Si on l'ajoute à la farine en quantité égale (eu égard à la forte proportion d'eau), elle donne un pain sans reproche. Les brasseries de Wurtemberg produisent 30,000 quintaux de cette pâte, avec laquelle on pourrait produire 17,000 quintaux de pain (Schlossberger).

Tous ces moyens d'atténuer la misère des classes pauvres, en temps de disette, n'ont qu'une valeur locale et ne suffisent pas à la consommation d'un grand pays. Il n'existe qu'un palliatif pour les districts plus étendus : il consiste à faire le pain avec la farine non blutée, c'est-à-dire à y laisser le son et à utiliser ainsi toute la matière alimentaire contenue dans le blé.

En 1658, un édit de Louis XIV fit défense, sous peine

de fortes amendes, de remoudre le son. Cette opération, telle que la faisaient les moulins d'alors, entraînait une perte de 40 pour 100.

Au XVII[e] siècle, Vauban estima la consommation annuelle d'un soldat à près de 356 kilogrammes de froment, quantité qui, aujourd'hui, suffit presque à deux hommes. De notre temps, les perfectionnements de la meunerie font gagner à l'homme, tous les ans, pour la valeur de plusieurs centaines de millions, des quantités prodigieuses de matières alimentaires qui ne se donnaient autrefois qu'aux bestiaux, pour lesquels on les remplace maintenant, avec bien plus d'avantage, par d'autres aliments qui ne conviendraient nullement à l'homme.

La valeur du son, comme substance nutritive, a depuis longtemps été signalée, surtout par M. Millon (1).

Le froment ne contient pas plus de 2 pour 100 de matière ligneuse, impropre à la digestion, et le moulin le plus parfait, dans toute l'extension du mot, ne devrait

(1) *Composition du son de froment.*

	Millon.	Kekulé.
Amidon	52,0	67,3 (Amidon, Gluten, Sucre)
Gluten	14,9	
Sucre	1,0	
Matière grasse	3,6	4,1
Ligneux	9,7	9,2
Sels	5,0	5,6
Eau	13,8	13,8
	100,0	100,0

pas donner plus de cette quantité de son. Et cependant nos meilleurs moulins en donnent toujours encore de 12 à 20 pour 100 (10 parties de gros son, 7 parties de son fin, et 3 parties de farine de son) ; les moulins ordinaires donnent jusqu'à 25 pour 100 de son, contenant 60 à 70 pour 100 des principes les plus nutritifs de la farine.

Il est évident qu'en employant à la panification la farine non blutée, on augmente le produit d'au moins un sixième à un cinquième. Le prix du pain peut ainsi être diminué de la différence du prix du son (employé pour les bestiaux) sur le prix de la farine. En temps de disette, le son acquiert donc bien plus de valeur, et cela d'autant plus qu'il ne saurait être remplacé par aucune autre substance alimentaire.

La séparation du son d'avec la farine est une affaire de luxe, et plutôt nuisible qu'utile à la nutrition. Dans l'antiquité, jusqu'à l'époque de l'empire romain, on ne connaissait pas la farine blutée. Dans beaucoup de localités d'Allemagne, particulièrement en Westphalie, on fait entrer le son avec la farine dans la fabrication du pain appelé *pumpernickel*, et il n'y a pas de population dont les organes digestifs soient en meilleur état. On reconnaît les limites du Bas-Rhin et de la Westphalie à la dimension extraordinaire des restes de repas déposés par les passants derrière les buissons, et ce sont peut-être ces remarquables documents de la valeur nutritive des aliments qui ont inspiré aux médecins anglais l'idée de recommander à leurs grands seigneurs l'usage du

pain de farine non blutée, qui, dans beaucoup de maisons, fait partie du menu du déjeuner.

Parmi les arts auxquels se livrent les hommes, il n'en est pas de plus universellement apprécié que l'art de la préparation des aliments. Guidé par un instinct sûr, presque raisonné, et par le goût, ce gardien de la santé, le cuisinier expérimenté acquiert, sur le choix et la préparation des aliments, sur la manière de les combiner, de les distribuer dans les repas, des notions supérieures à tout ce que la chimie et la physiologie ont su produire en matière de nutrition. Par le potage et les jus de viande, il imite le suc gastrique; par le fromage qui clôt les repas, il appuie l'effet dissolvant de l'épithélium de l'estomac. Une table, garnie de mets convenablement apprêtés ressemble à une machine dont les différentes parties se joignent avec harmonie et sont disposées de manière à produire un maximum d'effet, lorsqu'elles sont mises en mouvement. Le cuisinier véritablement artiste accompagne dans une juste mesure les matières plastiques, propres à la sanguification, des substances qui sont les intermédiaires de la solution des aliments et de la production du sang; il évite toute excitation inutile qui ne trouve pas à se compenser; il a de la sollicitude pour l'enfant, pour le vieillard, et sait faire la part de chaque sexe.

Les mères et les nourrices intelligentes choisissent aussi pour leurs enfants des aliments conformes aux lois de la nature; elles leur permettent le lait et les fa-

rinages, et ceux-ci, toujours accompagnés de fruits; elles préfèrent pour eux la viande des animaux adultes, riche en terre d'os (phosphate de chaux), à la viande jeune, et la font toujours manger avec des légumes verts; elles leur donnent volontiers des os à ronger (1), et excluent de leur nourriture le veau, le poisson et les pommes de terre. Pour l'enfant irritable, dont les organes digestifs sont débiles, elles ajoutent une infusion d'orge à la bouillie de gruau; au lieu de sucre de canne, elles lui donnent du sucre de lait, cet excellent aliment de respiration préparée par la nature elle-même (2); enfin, elles lui permettent l'usage illimité du sel.

On ne saurait nier les différences que présentent les aliments sous le rapport de l'influence qu'ils exercent sur les fonctions physiques et intellectuelles, ainsi que sur les actes chimiques et physiologiques de l'économie humaine; mais, jusqu'à présent, on n'a guère essayé d'expliquer ces différences suivant les règles d'une investigation rationnelle.

Certains auteurs prétendent que la viande et le pain

(1) Dans la province de la haute Hesse, aux environs de Giessen, les paysans emploient l'eau de chaux pure comme un remède efficace contre les douleurs de la dentition chez les enfants. Les petits êtres la prennent avec avidité par cuillerées à café.

(2) On perd annuellement par le petit-lait, dans les fromageries d'Angleterre, des milliers de quintaux de ce précieux aliment de respiration.

contiendraient du phosphore, que le lait et les œufs renfermeraient une matière grasse phosphorée semblable à celle du cerveau, et qu'à cette matière phosphorée serait liée la formation, conséquemment aussi l'activité du cerveau. C'est pour cela, disent-ils, qu'on ne peut pas admettre, chez les penseurs, un excès de phosphore, puisqu'ils en consomment beaucoup; qu'il reste donc toujours vrai qu'il n'est *point de pensée sans phosphore* (1).

La science ne connaît aucun fait qui autorise à admettre, dans l'organisme animal ou dans les aliments de l'homme et des animaux, l'existence du phosphore comme phosphore, ou sous une forme semblable à celle sous laquelle s'y trouve le soufre. Il est depuis longtemps démontré que l'acide phosphorique qu'on obtient en moins, dans l'incinération des matières animales ou alimentaires, sur la quantité obtenue par voie humide, provient d'une perte occasionnée par la chaleur qui décompose l'acide phosphorique en présence du charbon, et le volatilise ainsi; on sait aussi que cette perte peut être évitée par l'addition d'un alcali ou d'une terre alcaline qui fixe l'acide phosphorique. Jusqu'à présent on n'a encore prouvé la présence du phosphore (je ne dis pas de l'acide phosphorique) ni dans le cerveau, ni dans les aliments, ni dans aucune matière grasse du corps.

(1) Voyez le livre de M. Moleschott, *Lehre der Nahrungsmittel für das Volk*. Erlangen, 1850, p. 116.

L'existence de semblables combinaisons phosphorées, et leur influence sur la production de la pensée, sont l'opinion de quelques amateurs, qui ne repose que sur des notions superficielles, sans le moindre fondement scientifique.

Il est certain que trois personnes, dont l'une s'est rassasiée de bœuf et de pain, l'autre de pain et de fromage ou de morue, la troisième de pommes de terre, considèrent chacune, à des points de vue bien différents, une difficulté qui vient se présenter à elles. L'action des différents aliments sur le cerveau et sur les nerfs varie évidemment suivant certains principes particuliers qu'ils renferment.

Un ours, entretenu au Musée anatomique de Giessen, se montrait d'un tempérament fort doux tant qu'on le nourrissait exclusivement de pain ; mais quelques jours de régime animal le rendirent méchant, hargneux, et même dangereux pour son gardien. On sait que l'irascibilité des porcs peut être exaltée par le régime de la viande, au point de leur faire attaquer les hommes.

Les animaux carnivores sont en général plus forts, plus hardis, plus belliqueux que les herbivores, qui deviennent leur proie. La même différence se remarque entre les nations qui vivent de plantes et celles dont la nourriture principale consiste en viande.

Si la force d'un individu consiste dans la somme des effets dynamiques qu'il peut produire, sans préjudice de la santé, pour vaincre des résistances, cette

force est évidemment en raison directe des parties plastiques de ses aliments. Les populations qui se nourrissent de blé et de seigle sont, sous ce rapport, plus fortes que celles qui mangent du riz et des pommes de terre, et ces dernières sont plus robustes que les nègres, qui mangent le couscoussou, le tapioka, la cassave ou le taro.

D'autres rapports se présentent pour les aliments de respiration, qui se distinguent surtout par la rapidité et la durée de leurs effets.

Il se passe des heures avant que l'amidon du pain, qui se dissout dans l'estomac et les intestins, passe dans le sang, et y trouve de l'emploi. Le sucre de lait et le sucre de raisin n'ont pas besoin de cette dissolution préliminaire par les organes digestifs; ils passent plus rapidement dans le sang. L'effet de la graisse est le plus lent, mais aussi il persiste plus longtemps. De tous les aliments de respiration, l'alcool est celui qui agit le plus promptement.

Le vin et les sucs végétaux fermentés, en général, se distinguent de l'eau-de-vie en ce qu'ils renferment des alcalis, des acides organiques et certaines autres substances que la chimie a encore à déterminer. La bière est une imitation du vin. L'eau-de-vie se compose d'eau et d'un principe du vin.

En vertu de ses principes particuliers, le vin présente certaines conditions par la réunion desquelles se compensent plus ou moins, au bout de quelque temps,

dans l'économie, les suites de l'excitation cérébrale et nerveuse causée par l'alcool; aussi l'ingestion du vin a-t-elle des suites bien moins défavorables que celle de l'eau-de-vie.

La valeur commerciale d'un vin est en raison directe de ses effets immédiats et en raison inverse de ses effets subséquents. Toutes choses égales, d'ailleurs, le prix d'un vin est d'autant plus élevé, que ses effets sont mieux neutralisés par un accroissement correspondant dans l'activité des fonctions émonctoires du poumon et des reins. Dans la détermination de la valeur des vins, on prend toujours en considération leur richesse alcoolique; toutefois le prix des vins fins n'est pas en raison de leur teneur en alcool, mais il dépend plutôt de la proportion de leurs principes non volatils (1).

La fleur ou le bouquet du vin n'influe sur le prix qu'en ce qu'il est l'indice de tous ses effets collectifs.

Le vin n'est surpassé par aucun produit naturel ou factice, comme moyen de réconfortation, quand les

(1) Voici les vins du Rhin dans l'ordre de leur valeur commerciale :

	Alcool.	Résidu solide.	
Vin de Steinberg (1846)....	10,87	10,55	Suivant M. Frésénius.
— Markobrunn........	11,14	5,18	
— Hattenheim.........	10,71	4,21	
— Steinberg (1822)....	10,87	9,94	Suivant Geiger.
— Rüdesheim..........	12,61	5,39	
— Markobrunn........	11,60	5,10	
— Geisenheim.........	12,60	3,06	

forces de la vie sont épuisées : il anime et ravive les esprits dans les jours de tristesse ; il corrige et compense les effets des perturbations de l'économie, à laquelle il sert même de préservatif contre les troubles passagers causés par la nature inorganique.

Les vins fins du Rhin et certains vins de Bordeaux sont remarquables par l'innocuité de leurs effets du lendemain. Il est prodigieux de voir la quantité de vin du Rhin que consomment les individus de tout âge, sans nuire à leur santé ou à leur intelligence. Nulle part la goutte et la gravelle sont aussi rares que dans les pays du Rhin, si favorisés de la nature; dans aucune contrée d'Allemagne, les pharmacies n'ont, en proportion, des prix moins élevés que dans les villes opulentes du Rhin, car le vin y passe pour le remède universel des malades et des gens bien portants, pour le lait des vieillards.

L'alcool occupe un rang distingué comme aliment de respiration. L'ingestion de l'alcool dispense de l'usage des aliments amylacés et sucrés, mais l'alcool est incompatible avec la graisse (1).

Dans beaucoup de pays, on attribue la pauvreté et

(1) Les personnes habituées à l'usage du vin en perdent l'envie et le goût, quand elles prennent de l'huile de foie de morue.

Depuis l'établissement des sociétés de tempérance, on crut équitable, dans beaucoup de ménages anglais, de compenser en argent la bière que recevaient tous les jours les domestiques, et dont ils s'abstenaient, une fois membres de ces sociétés. Mais on s'aperçut bientôt que la consommation du pain augmenta dans une proportion

la misère à la consommation croissante et exagérée de l'eau-de-vie : c'est là une erreur.

L'usage de l'eau-de-vie n'est pas la cause, mais l'effet de la misère. C'est une exception à la règle quand un homme bien nourri devient buveur d'eau-de-vie. Mais lorsque l'ouvrier gagne moins par son travail qu'il ne lui faut pour se procurer la quantité d'aliments nécessaire à son entretien, un besoin impérieux, inexorable, le force à recourir à l'eau-de-vie. Comment veut-on qu'il travaille, si l'insuffisance de sa nourriture lui enlève tous les jours une certaine quantité de force?

L'eau-de-vie, par son action sur les nerfs, lui per-

surprenante, de telle sorte qu'on payait deux fois la bière : une fois en argent et une autre fois en équivalent de pain.

Le propriétaire de l'hôtel de Russie, à Francfort-sur-le-Mein, a fait une observation remarquable, à l'occasion de la réunion, dans cette ville, des membres du Congrès de la paix. Il y eut, à sa grande surprise, une véritable disette de certains mets, notamment de farinages, de pudding ; chose inouïe pour une maison où les quantités de plats nécessaires à une table garnie d'un nombre déterminé de personnes sont connues et fixées depuis de longues années. C'est que l'hôtel était rempli d'amis de la paix, tous membres des sociétés de tempérance, qui s'interdisent l'usage du vin.

M. Sarg a fait la remarque que les personnes qui s'abstiennent du vin mangent davantage en proportion. Aussi, dans les pays vignobles, le prix du vin est toujours compris dans le prix du repas, et l'on n'y trouve pas injuste de faire payer le vin qu'on sert aux tables d'hôte aux personnes même qui n'en boivent pas.

Shakespeare, *Roi Henri IV*, acte II, scène IV. — Prince Henri : C'est monstrueux ! pour un demi-penny seulement de pain avec cette quantité de vin.

met de réparer, *aux dépens de son corps*, la force qui lui manque, de dépenser aujourd'hui la force qui, dans l'ordre naturel des choses, ne devrait s'employer que demain. C'est comme une lettre de change tirée sur sa santé, et qu'il lui faut toujours renouveler, ne pouvant l'acquitter faute de ressources. Il consomme son capital au lieu des intérêts; de là, inévitablement, la banqueroute de son corps.

Le thé, le café et le chocolat n'agissent pas sur les fonctions vitales à la manière du vin.

Il se consomme par an, en Europe et en Amérique, plus de 40 millions de kilogrammes de thé, et, dans les pays de l'union douanière allemande, plus de 30 millions de kilogrammes de café. En Angleterre et en Amérique, le thé fait partie de la nourriture journalière du plus infime ouvrier comme du plus riche propriétaire terrien. En Allemagne, les populations des villes et des campagnes sont d'autant plus attachées à l'usage du café que le besoin leur limite davantage la quantité et le choix des aliments, et le plus mince salaire s'y subdivise toujours en deux parts, l'une pour le café, l'autre pour le pain et les pommes de terre. Ces faits sont, certes, loin de justifier l'opinion d'après laquelle l'usage du café et du thé ne serait qu'une affaire d'habitude (1).

Sans doute, des millions d'hommes ont vécu sans

(1) Knapp, *Sur les aliments*, etc. Brunswick, 1847.

connaître le thé ni le café, et l'expérience journalière démontre qu'on peut s'en passer dans certaines conditions, sans nuire aux fonctions purement animales de l'économie; mais il serait certainement faux de dénier pour cela tout effet utile à ces boissons, et il reste à savoir si, n'ayant ni thé ni café, l'instinct populaire ne chercherait et ne trouverait pas les moyens de les remplacer. La science, qui nous doit encore tant sous ce rapport, nous dira si c'est véritablement par l'effet d'un penchant vicieux, que chaque peuple de la terre s'est approprié un semblable moyen d'exciter les fonctions nerveuses, depuis les bords de l'océan Pacifique, où l'Indien se retire des journées entières dans la solitude pour y jouir de l'ivresse du coca, jusqu'aux régions arctiques, où les Kamtschadales et les Koriackes préparent une boisson enivrante avec des champignons vénéneux, dits *mort-aux-mouches*.

Il me paraît, au contraire, fort vraisemblable, sinon certain, que l'homme éprouvant, dans la vie agitée de notre époque, certaines lacunes ou certains besoins qu'il ne peut pas combler ou satisfaire par la quantité, a su trouver par instinct, dans ces produits végétaux, le vrai moyen de donner à sa nourriture journalière la qualité qui leur manquait. Chaque substance, en effet, qui participe aux fonctions vitales, agit d'une certaine manière sur le système nerveux, sur les sens ou sur la volonté de l'homme.

Dans son ouvrage classique, Macaulay, cet éminent observateur dans le domaine de l'histoire, prête bien

une attention méritée à l'influence du café sur l'état politique de l'Angleterre au XVIIe siècle, mais le problème qu'il laisse encore à résoudre, c'est la part que les principes du café ont eue alors à la direction des esprits. Le peu que nous savons des effets physiologiques de ces boissons ne vaut pas la peine d'être mentionné. On rattache ordinairement ces effets, peut-être avec raison, à la présence de la théine (identique avec la caféine du café) du thé maté et du thé paraguay. Il n'y a pas d'ailleurs de boisson qui, sous le rapport de la nature et de la complexité des parties constituantes, présente plus d'analogie avec le bouillon de viande; il est très probable que l'usage du thé et du café repose sur les effets excitants et vivifiants que ces boissons partagent avec le bouillon.

Lorsqu'on place des feuilles de thé dans un verre de montre, et qu'après les avoir légèrement recouvertes de papier, on les chauffe peu à peu sur une plaque chaude, de manière à les faire brunir, on voit se fixer, sur le papier et sur les feuilles, des cristaux brillants de *théine*.

Sous le rapport des propriétés, la théine appartient à la classe des alcalis organiques, qui agissent sans exception sur le système nerveux. Si l'on range ceux-ci en une série commençant par la théine, on remarque que les derniers termes, la strychnine et la brucine, agissent à la manière des poisons les plus violents; que la quinine, placée plus au milieu, est le médicament le plus précieux; que les principes de l'opium produisent, à cer-

taines doses, des effets médicamenteux, tandis qu'à des doses plus élevées, ils se comportent comme poisons. Les alcalis organiques, vénéneux ou médicamenteux, contiennent, pour 1 équivalent d'azote, plus de 2 équivalents de carbone, tandis que la théine ou la caféine et les substances congénères qu'on peut ingérer sans inconvénient, contiennent, pour la même proportion d'azote, moins de carbone que les principes du sang.

Il n'est pas d'alcali organique dont la composition soit plus semblable à celle de la théine que la créatine contenue dans le système musculaire des animaux, ainsi que le glycocolle (sucre de gélatine), qu'on a quelque raison de supposer être une copule de la gélatine. Les formules suivantes font ressortir ces rapports :

Théine........................	$C^8N^2H^5O^2$.
Créatinine.....................	$C^8N^3H^7O^2$.
Glycocolle (anhydre)..........	$C^8N^2H^8O^6$.
Créatine......................	$C^8N^3H^{11}O^6$.
Théobromine (dans le cacao)...	$C^7N^2H^4O^2$.

Ces formules indiquent que la créatine renferme les éléments de la théine, plus ceux de l'amidogène (NH^2); que le glycocolle et la créatine ne diffèrent que par les éléments d'un équivalent d'ammoniaque que la créatine renferme en plus.

La théine donne lieu, dans certaines réactions, à des produits fort curieux, ayant beaucoup d'analogie avec ceux que l'acide urique fournit dans les mêmes circonstances (Rochleder).

Comme boissons, le thé et le café sont remarquables en ce qu'ils renferment du fer et du manganèse. Lorsqu'on évapore à siccité une infusion limpide de thé pekoe ou souchong, et qu'on incinère le résidu, on obtient des cendres, souvent colorées en vert par du manganate de potasse, et dégageant, par conséquent, du chlore au contact de l'acide chlorhydrique. La présence du fer et du manganèse est d'autant plus intéressante, que les réactifs les plus sensibles n'accusent pas le fer dans le thé. Lorsqu'on ajoute un sel de fer à une infusion de thé, elle devient noire comme de l'encre, car elle renferme du tannin ; l'infusion de thé contient donc une combinaison ferrugineuse particulière sur laquelle le tannin est sans action.

Le thé, de certaines qualités du moins, est une boisson qui renferme le principe actif des eaux minérales les plus actives, et quelque faible que soit la quantité de fer journellement ingérée par le thé, elle n'en doit pas moins exercer une certaine influence sur les fonctions vitales (1).

Les substances empyreumatiques contenues dans le café donnent à cette boisson la propriété d'arrêter les dissolutions et les décompositions qui sont provoquées et entretenues dans l'économie par des ferments. On sait que toutes les substances empyreumatiques sont défavorables à la fermentation et à la putréfaction : la viande fumée, par exemple, se digère moins facilement que la

(1) Une infusion de 70 gram. de thé pekoe contenait 0,104 gram.

viande simplement salée. Les personnes dont les organes digestifs sont faibles ou sensibles s'aperçoivent aisément, avec un peu d'attention, qu'une tasse de café fort, prise après le repas, arrête à l'instant même la digestion; on ne se sent de nouveau soulagé qu'après que le café

de sesquioxyde de fer et 0,20 gram. de protoxyde de manganèse (Fleitmann).

Composition des cendres :

	De l'infusion de thé (thé souchong), d'après M. Lehmann.	De la décoction de café (café Java), suivant M. Lehmann.	Des fèves de cacao (Guayaquil), selon M. Zedeler.
Potasse	47,45	51,45	37,14
Choux	1,24	3,58	2,88
Magnésie	6,84	8,67	15,97
Oxyde de fer	3,29	0,25	0,10
Acide phosphorique	9,88	10,02	39,65
Acide sulfurique	8,72	4,01	1,53
Silice	2,31	0,73	0,17
Acide carbonique	10,09	20,50	0,00
Oxyde de manganèse	0,71	0,00	0,00
Chlorure de sodium	3,62	ClK 1,98	Cl 1,66
Soude	5,03	0,00	0,00
Charbon et sable	1,09	0,49	0,00
	100,77	100,68	100,33

100 parties de feuilles de thé (souchong) donnent, par l'eau bouillante, un extrait pesant, à l'état sec, 15,536. Cet extrait donne 3,06 parties de cendres (16,69 pour 100 de l'extrait). — 100 parties de fèves de cacao torréfiées, épuisées par l'eau bouillante, ont donné 21,54 parties d'un extrait qui a fourni 3,41 parties de cendres (16,6 pour 100 de l'extrait). Les fèves avaient été émondées, et ont donné 3,62 pour 100 de cendres.

est éloigné de l'estomac et absorbé. Pour des organes robustes, au contraire, sur lesquels ces sortes d'effets ne réagissent pas, le café sert après le repas, par la même raison, à modérer l'activité digestive, exaltée au delà d'une certaine limite par le vin et les épices.

Le thé n'entrave pas la digestion comme le café; mais il accélère les mouvements péristaltiques des intestins; cet effet se manifeste par des nausées après l'ingestion de thé fort, surtout à jeun.

La dépense journalière en aliments de respiration s'élève, comme nous l'avons déjà fait remarquer, au quintuple et même au sextuple du poids des substances plastiques. Aussi dans les temps de disette, c'est le manque des premiers qui devient surtout sensible, dans toutes les classes de la société; tandis que la graisse et le beurre renchérissent en même temps que le blé, et que les pommes de terre arrivent à un prix comparativement plus élevé que celui du blé, le prix de la viande reste ordinairement le même que dans les années d'abondance. Une des causes qui contribuent à cette circonstance, c'est que le pain peut remplacer la viande, mais ne peut pas lui-même se remplacer par la viande aussi complétement pour les besoins de l'homme (1). Une

(1) Voici ce que raconte M. Darwin, dans son livre incomparable, si riche en belles observations, à propos de son séjour dans les pampas :

« Nous pûmes acheter ici (à Tapalguen, 17 septembre) un peu de biscuit. Je n'avais, depuis plusieurs jours, mangé que de la viande; je me sentais très bien de ce régime, mais il ne me semble convenir

autre raison du bas prix de la viande est que, dans les années de mauvaises récoltes dues à un excès d'humidité, quand les plantes alimentaires ordinaires ne réussissent pas, il y a néanmoins, en abondance, du fourrage vert, du trèfle, de l'herbe, des racines. La viande conserve son bas prix, parce que la demande n'en monte pas dans le même rapport que la demande du pain. Dans les années sèches, l'agronome n'a point de fourrage ; il est obligé d'abattre ses bestiaux, de les vendre à tout prix, et l'encombrement du marché abaisse alors le prix de la viande plus encore que dans les années ordinaires.

L'homme carnivore a besoin, pour sa subsistance, d'un domaine immense, bien plus étendu que celui du lion et du tigre, parce qu'il tue sans manger lorsque l'occasion s'en présente. Une nation de chasseurs confinée dans un terrain est incapable de se multiplier.

Le carbone indispensable à la respiration a besoin d'être enlevé aux animaux dont un nombre limité seu-

qu'à une vie très active. J'ai ouï dire qu'en Angleterre, certains malades, exclusivement soumis au régime de la viande, n'en peuvent plus supporter la vue, même avec l'espoir de recouvrer la santé. Cependant les gauchos des Pampas ne touchent, des mois entiers, à autre chose qu'à du bœuf; mais il est à remarquer qu'ils mangent beaucoup de graisse, et qu'ils dédaignent la viande particulièrement maigre, comme celle de l'aguti. »

Homère, décrivant les repas et les festins de ses héros, ne néglige jamais l'occasion de payer un juste tribut d'éloges au « gras *fleuri* du dos de cochon. »

lement peut vivre sur la surface donnée. Ces animaux récoltent dans les plantes les principes de leur sang et de leurs organes, et ils livrent ces principes aux Indiens chasseurs qui les consomment sans les substances qui entretenaient la respiration des animaux pendant la vie. Aussi, tandis que l'Indien pourrait, avec un seul animal et avec un poids égal de fécule, entretenir la santé et la vie pendant un certain nombre de jours, il lui faut consommer cinq animaux pour produire la chaleur nécessaire pendant le même temps. Sa nourriture renferme un excès d'aliments plastiques, et il y manque presque toujours les aliments de respiration indispensables ; de là chez les hommes carnivores une propension particulière à l'eau-de-vie.

On ne saurait rien dire de plus clair, de plus profond sur l'utilité de l'agriculture que ces paroles adressées par un chef américain aux Missisagues, sa tribu. Les voici telles que les rapporte Crèvecœur : « Ne voyez-vous pas que les blancs vivent de grains, tandis que nous vivons de viande? que la viande exige plus de trente mois pour pousser, et qu'elle est souvent rare? que chacun des grains merveilleux qu'ils sèment dans la terre leur rend plus du centuple? que la viande a quatre jambes pour se sauver, tandis que nous n'en avons que deux pour l'attraper? que les grains restent et poussent là où les hommes blancs les sèment? que l'hiver, qui est pour nous le temps des chasses pénibles, est pour eux le temps du repos. C'est pour cela qu'ils ont tant d'enfants et qu'ils vivent plus longtemps que

nous. Je le dis donc à tous ceux qui m'entendent, avant que les arbres, sur nos cabanes, aient péri de vieillesse, avant que les érables de la vallée cessent de donner du sucre, la race des petits semeurs de blé extirpera la race des mangeurs de viande, si ces chasseurs ne se décident pas à semer !... »

L'Indien dépense, dans ses chasses pénibles, une somme considérable de force, mais l'effet produit est très faible, et n'est point en rapport avec cette dépense.

Le caractère de la civilisation, c'est l'économie de ressorts. La science enseigne quels sont les moyens les plus simples pour obtenir un maximum d'effet avec la moindre dépense de force organique, pour surmonter un maximum de résistance avec des moyens donnés.

Toute dépense inutile, tout gaspillage de forces dans l'agriculture, dans l'industrie ainsi que dans la science, et surtout dans l'État, dénote une civilisation incomplète, un état de barbarie. Ce qui distingue précisément notre époque des temps antérieurs, c'est cet accroissement extraordinaire de force dû aux progrès des sciences physiques et mécaniques. Les causes de tout effet, de tout mouvement, ont été approfondies; grâce à ces investigations, l'homme est arrivé à une connaissance plus intime des lois de la nature, et aujourd'hui il trouve des serviteurs dociles dans des forces physiques qui lui inspiraient autrefois de la peur et de la terreur. Animé d'un feu sacré, condition de

tout progrès intellectuel, l'homme, en nouveau Prométhée, a donné la vie aux éléments terrestres.

Semblable à un animal, la machine à vapeur reçoit à boire et à manger ; elle respire, elle renferme en elle une source de chaleur et une source de force qui produit des mouvements intérieurs et extérieurs. Le cheval le mieux dressé n'obéit pas plus patiemment à la volonté de l'homme que la locomotive de nos chemins de fer ; elle va vite ou doucement, elle s'arrête, elle obéit à la plus légère pression du doigt.

La science, en chargeant les machines du service des esclaves, a rétabli une plus juste proportion entre les forces physiques et la force organique (1).

—

La somme de lumière et de chaleur que la terre reçoit du soleil est une quantité invariable, mais elle se répand inégalement sur sa surface, par l'effet de causes qu'il faut appeler providentielles. De là, dans un endroit, le superflu qui multiplie les conditions vitales, et dans un autre, au contraire, le besoin qui les diminue. L'équilibre s'établit naturellement là où il y a des ca-

(1) La modeste et chaste reine d'Itaque, en l'absence d'Ulysse, son époux, avait, nous dit Homère, douze femmes esclaves occupées nuit et jour à moudre le blé nécessaire de sa maison. C'était une maison tenue fort simplement, et je serai dans l'exagération si j'admets que que Pénélope eût à nourrir de la sorte trois cents personnes. Ainsi, dans cette société où tout se faisait à la sueur de l'homme, une personne était nécessaire pour moudre le grain consommé par vingt-cinq, peut-être par la moitié. De nos jours, la mouture occupe infi-

naux pour l'arrivée et pour le départ ; nulle part alors, ni abondance ni disette.

Il en est de même de la richesse sur la terre, et de son ombre, la misère. De tout temps, le rapport entre la richesse et la misère a été invariablement le même. Certains événements limitent la possession, et s'opposent à ce qu'elle s'accroisse d'une manière continue. De même que le sang se meut des gros vaisseaux vers les capillaires, de même les plus gros revenus se consomment et s'écoulent vers leur source primitive par une infinité de canaux plus petits.

Là où la lumière est forte, les ombres paraissent plus noires ; mais la nature veut qu'il prospère des plantes vigoureuses dans toutes les gradations de la lumière : sans les arbres élevés, il n'y aurait ni buissons, ni blé, ni aucuns produits agricoles, car les arbres élevés attirent la pluie fécondante, et font que les sources coulent toujours pour répandre l'aisance et la prospérité. Certaines théories socialistes modernes voudraient qu'il n'y eût plus d'ombre : mais si le dernier brin d'herbe qui projette de l'ombre venait à être détruit, il y aurait,

niment moins de bras. Le moulin de Saint-Maur, près de Paris, serait en état de moudre chaque jour le blé qu'il faut pour cent mille rations de soldats, avec un personnel de vingt travailleurs : ce n'est plus qu'une personne au moulin pour cinq mille bouches. Pénélope ne pouvait donner qu'une fort maigre pitance aux douze esclaves qu'elle avait à la meule, quoiqu'elle les excédât de travail, parce que le travail de ces infortunées donnait peu de résultat. (M. Chevalier, *Lettres sur l'organisation du travail.* Paris, Capelle, 1848, p. 29.)

sans doute de la lumière partout, mais aussi partout la mort, comme dans le désert de Sahara.

Par les forces développées dans l'économie, l'homme oppose une résistance aux forces physiques qui tendent sans cesse à le détruire, une résistance qui a besoin d'être tous les jours renouvelée, si son existence doit être assurée pour quelque temps.

Dans chaque seconde, il meurt une partie de notre corps, et, au bout de soixante-dix à quatre-vingts ans, la machine, même en parfaite santé, tombe au pouvoir des puissances terrestres; alors toute résistance cesse de sa part, et ses éléments retournent dans l'atmosphère et dans le sol.

Toute notre vie est une lutte incessante contre les forces physiques, une alternance continuelle d'équilibre rompu et d'équilibre rétabli.

L'homme a besoin d'*aliments* et de *boissons*, comme moyens de produire de la chaleur et de la force; par eux, s'engendre dans son corps la résistance contre l'action de l'atmosphère qui s'empare à tout instant d'une partie de son corps pour l'absorber en elle.

Pour conserver sa chaleur, pour se garantir des intempéries, il lui faut de quoi *se loger*, *se vêtir* et *se chauffer;* pour conserver sa santé, pour la rétablir en cas de maladie, il a besoin des *moyens de propreté* et des *médicaments*.

La nourriture et la boisson peuvent, jusqu'à un certain point, remplacer les vêtements, le chauffage et les

médicaments ; mais elles ne sauraient elles-mêmes être remplacées par aucun des autres éléments de la vie. Elles sont de nécessité absolue, elles sont indispensables.

En cas d'insuffisance de résistance intérieure, en cas de faim, les mêmes forces physiques qui entretiennent les activités vitales pénètrent peu à peu jusqu'au siége de la vie, et, semblables à un glaive, en tranchent les liens.

L'homme exige aussi, pour la conservation, le développement, l'éducation de ses sens, certains autres éléments qui constituent ses besoins d'*agrément* et d'*utilité*.

Enfin, l'homme réclame, en outre, la satisfaction de certains besoins, résultant de sa nature spirituelle, et auxquels ne sauraient suffire les forces physiques : il veut exercer et développer son intelligence. C'est elle, d'ailleurs, qui règle l'emploi judicieux des forces de son corps, qui dirige les forces physiques et les fait servir à la satisfaction de tous ses besoins, tant de première nécessité, que d'utilité et d'agrément.

Comme dans l'organisme de l'individu, il s'effectue, dans l'organisme collectif de tous les individus qui composent l'État, des transmutations de matière, c'est-à-dire une consommation de tous les éléments de la vie individuelle et de la vie collective.

L'or et l'argent remplissent, dans l'économie de l'Etat, le rôle que les globules du sang jouent dans l'économie humaine. De même que ces petits disques ronds, sans prendre une part directe à la nutrition,

sont les intermédiaires des transmutations organiques, de la production de la chaleur, de tous les mouvements du sang et des sécrétions, de même l'argent est le médiateur de toutes fonctions sociales.

Au moyen âge, le contribuable payait ses impôts sous forme de blé, de vin, d'œufs, de poulets, de corvées; il produisait lui-même ses objets de première nécessité. Il ne connaissait pas les denrées coloniales; avec une demi-livre de deniers, il se procurait les instruments les plus indispensables. Les communes possédaient leurs brasseries pour la bière; dans beaucoup de villes, les autorités achetaient elles-mêmes le vin et le distribuaient aux citoyens. L'or et l'argent étaient, en plus grande partie, des marchandises qu'on étalait sur les habits ou dans les maisons. Mais, depuis que l'argent est devenu, comme les globules du sang, un agent de transport pour l'oxygène, dans l'organisme de l'Etat, les riches n'emploient plus de vaisselle d'or et d'argent massifs, mais ils se contentent de cuivre et de laiton simplement recouverts d'argent et d'or.

Les transmutations de matière, dans l'Etat, comme dans le corps de l'individu, sont la source de toutes ses forces. La conservation du corps social repose sur la réparation des substances vitales consommées, c'est-à-dire sur le renouvellement, sur la restitution de tous les éléments de la vie individuelle et collective. De même que, dans l'économie animale, ces transmutations peuvent se mesurer sur le nombre des globules du sang, qui, dans un temps donné, circulent du cœur aux ca-

pillaires, et retournent de là vers le cœur ; de même, dans le corps social, les transmutations peuvent s'évaluer à la vitesse avec laquelle les pièces de monnaie passent d'une main dans une autre. Toutes les causes qui entravent ce mouvement, ou qui agissent sur la consommation ou sur la réparation, à la manière des forces physiques sur les transmutations organiques, toutes ces causes troublent l'état d'équilibre, et provoquent des états particuliers semblables aux maladies chez les individus.

La quantité absolue de l'argent est presque nulle comparativement à l'effet qu'elle produit par la vitesse de sa circulation. En effet, le corps social, à l'état de parfaite santé, se comporte, comme le corps de l'homme, par le cœur et les capillaires duquel se meuvent, en vingt-quatre heures, 15 à 19,000 kilogrammes de sang, tandis que la quantité absolue de sang contenue dans tout le corps est mille fois moindre.

La somme de toutes les résistances que la nature oppose à la conservation de la vie et à l'acquisition des conditions vitales (dans l'économie sociale, à l'acquisition de l'argent), cette somme est exactement telle que les activités que l'organisme est capable de développer peuvent se mettre avec elle en équilibre. L'homme ne saurait, sans mettre en péril son existence, faire aucune dépense de force pour surmonter des résistances, s'il n'acquiert pas, par la neutralisation de ces résistances, le moyen de réparer la force dépensée.

Un rapport tout semblable existe dans l'économie du corps social. Elle est compromise par toute dépense de forces qui ne donne pas en retour, à l'État, un élément vital, ou par le manque d'emploi des forces disponibles pouvant créer des éléments vitaux.

De même que chaque muscle, chaque nerf, chaque portion de tissu participe, dans l'économie animale, aux transmutations de matière qui s'y opèrent, et exerce sa part d'influence sur la continuation régulière des principales fonctions, sur la digestion, sur la sanguification, sur la formation des sécrétions, ainsi que sur les mouvements des membres, sur les activités des sens et du cerveau, il faut que chaque individu de la société contribue, pour sa part, dans la mesure des forces de ses membres, de ses sens et de son intelligence, à la restitution et à la conservation des éléments vitaux du corps social. L'action de ces forces, c'est le *travail*.

Toutes les parties de l'organisme ont naturellement droit à la complète liberté de leurs fonctions, à l'exercice intégral de leur puissance de travail, de telle sorte, toutefois, qu'elles ne s'entravent ni ne s'arrêtent réciproquement. Le maximum d'effet de la puissance de travail est en raison inverse de la somme des résistances à surmonter. Plus les résistances sont grandes, plus l'effet produit est faible. La mission des États chrétiens consiste, non à augmenter, mais à diminuer ces résistances. Malheureusement, les enseignements que nous a laissés, sous ce rapport, le plus grand homme d'État

de notre temps, dont la perte sera encore longtemps pleurée par sa nation et par le monde entier, ne paraissent trouver un sol fécond ni dans l'esprit ni dans le cœur des hommes.

C'est l'ignorance des conditions d'où dépendent le bien-être, la prospérité et la puissance d'un État, qui a produit, dans beaucoup de pays, ces disproportions, sources de tant de maux. Au lieu d'un ensemble harmonieux, on n'y voit plus qu'un monstre, une grosse tête sur un petit corps, des bras énormes avec des jambes grêles et faibles, un grand estomac avec un petit poumon. Si le caprice et le hasard, tenant lieu de prévoyance et de réflexion, si la routine, si des habitudes contraires aux lois de la nature, règlent les mouvements et les dépenses de forces de l'État, il en résulte tout naturellement de la faiblesse et de l'épuisement, suivis bientôt de pauvreté et de misère. C'est ce qui a lieu, dans les États barbares, où des impôts iniques et inégalement répartis condamnent à l'inanition des populations entières, leur vie durant, parce qu'elles sont obligées de dépenser constamment un excès de forces pour leur simple conservation ou pour la production d'effets non suivis d'une réparation complète des forces dépensées. C'est encore par la même raison que les États qui ont de nombreuses armées permanentes ne jouissent que d'une puissance apparente, puisqu'une saignée continue leur enlève la meilleure portion de leur sang et de leur séve. Cette puissance factice est sem-

blable à celle du sauvage ivre d'eau-de-vie : quand l'ivresse est dissipée, la puissance est détruite, en même temps que les forces.

Ce qui semble être l'effet de la volonté libre, des passions, ou de l'intelligence plus ou moins grande de l'homme, est cependant lié à des lois aussi fixes, aussi éternelles et immuables que les lois des phénomènes matériels. Personne ne connaît le jour ou l'heure de sa mort, et rien ne semble plus fortuit que la naissance d'un garçon ou d'une fille : mais on sait, aussi bien et même mieux qu'aucune vérité humaine, combien d'individus meurent, sur un million, dans l'espace de 10, 20, 40 ou 60 années, combien un million de naissances donne de filles et de garçons.

La statistique des tribunaux démontre le retour régulier des mêmes crimes ; il en résulte ce fait, incompréhensible pour nous, parce que la contingence des effets nous échappe, que, dans chaque grand pays, le nombre des crimes et de leurs différentes variétés peut se prédire, pour chaque année à venir, avec la même certitude que le nombre des naissances et des morts naturelles. Pour cent accusés comparaissant devant la cour suprême, il y a en France soixante et une, en Angleterre, soixante et onze condamnations. Les variations ne s'élèvent, terme moyen, qu'à un centième du chiffre total. On peut, de même, prédire avec vraisemblance, pour une période de quinze ans, le nombre des suicides en général, par les armes à feu ou par la corde.

Tous les phénomènes de la même espèce qui se ma-

nifestent périodiquement en grand nombre conduisent à un rapport invariable. C'est cette loi du grand nombre à laquelle obéissent toutes choses, à laquelle sont soumis tous les événements sans exception. Cette loi ne se rapporte qu'aux effets extérieurs produits sur la société, et n'a rien de commun avec l'essence même de la vertu et du vice.

Personne ne nie l'influence de l'éducation, des habitudes d'ordre et de travail sur la moralité des hommes, sans cependant considérer la moralité comme une simple conséquence de ces habitudes; les tables de mortalité prouvent bien que l'éducation et la culture intellectuelle diminuent le nombre des crimes et des décès annuels (1).

Nous n'arriverons évidemment à la connaissance des moyens d'améliorer efficacement l'état de la société, et de fonder d'une manière durable le bonheur des populations, qu'en déterminant, par la voie des nombres, le degré d'influence qu'exercent sur la moralité de l'homme nos institutions, nos usages, nos coutumes. Voilà quel doit être le but de nos investigations.

(1) Quételet, *Sur l'homme et le développement de ses facultés.*

TRENTE-SIXIÈME LETTRE.

Histoire de la chimie. — Origine de la chimie moderne. — Principal but des premières recherches chimiques. — Première période : Alchimie. — Pierre philosophale. Causes de la croyance à la transmutation des métaux. Cas où elle aurait réussi. — Utilité de l'alchimie par son incitation aux recherches. — Opinions actuelles sur la possibilité de certaines découvertes importantes. — Deuxième période : Chimie phlogistique. — Coordination des faits d'après les analogies. — Troisième période : Chimie antiphlogistique. — Emploi des poids et des mesures dans l'appréciation des phénomènes.

Pour apprécier toute l'étendue des connaissances de la chimie actuelle, il est nécessaire de jeter un coup d'œil rétrospectif sur les siècles passés. L'histoire d'une science est une page de l'histoire de l'esprit humain ; il n'en est pas de plus curieuse, de plus instructive que l'histoire de l'origine et des progrès de la chimie. Des circonstances fortuites l'ont fait généralement considérer comme toute jeune, mais la chimie est une des sciences les plus anciennes.

A la fin du siècle dernier, un esprit insensé s'empara d'un peuple éminemment civilisé et lui fit démolir les monuments de sa gloire, bâtir des autels à la déesse de la Raison, et créer un nouveau calendrier. Ce même esprit donna naissance à une fête des plus bizarres, où l'on vit madame Lavoisier en costume de prêtresse,

livrer aux flammes, sur un autel, le système phlogistique, pendant que la musique jouait un requiem solennel. Les chimistes français se réunirent alors pour changer tous les termes techniques, tous les noms désignant les combinaisons et les décompositions chimiques : ils imaginèrent une nomenclature nouvelle qui, étant l'expression d'un système nouveau et complet, vint s'imposer aux savants de tous les pays. On s'explique ainsi l'abîme qui semble exister entre la science actuelle et l'ancienne chimie. En effet, les nouveaux noms et les nouvelles théories rompirent les liens du passé et effacèrent l'origine de toutes les découvertes importantes, de toutes les observations partielles faites jusqu'au temps de Lavoisier, dans les autres pays de l'Europe. Beaucoup de gens ne voient dans nos connaissances actuelles que l'héritage exclusivement légué par l'école française d'alors, et s'imaginent que l'histoire de la chimie ne va pas au delà. Mais c'est là une erreur.

Il en est du progrès des sciences physiques comme de l'histoire des peuples, où tout événement est toujours la conséquence de circonstances ou d'événements qui l'ont précédé. De même que tout phénomène, dans la nature animée ou inanimée, suppose toujours certaines conditions qui le provoquent, de même le progrès, dans les sciences naturelles, est déterminé par l'acquisition antérieure de certains faits, de certaines vérités ou connaissances dues à des faits déjà observés. Un nouveau système, une nouvelle théorie est toujours le résultat d'observations plus ou moins étendues,

contraires aux doctrines en vigueur. Au temps de Lavoisier, on connaissait tous les corps, tous les phénomènes dont il s'est occupé. Lavoisier n'a découvert aucun corps nouveau, aucune propriété nouvelle, aucun phénomène nouveau; toutes les vérités qu'il a établies étaient la conséquence nécessaire de travaux antérieurs. Le mérite de cet homme immortel est d'avoir doué la chimie d'un sens nouveau, d'avoir rassemblé les membres épars du corps de la science, et d'en avoir trouvé les jointures.

Les forces dont la chimie étudie les effets sont des plus cachées : elles ne se manifestent pas, comme beaucoup de forces physiques, comme la lumière ou la pesanteur, par des phénomènes qui attirent journellement l'attention de l'homme. Les forces chimiques n'agissent pas à distance; leurs effets ne deviennent sensibles que par le contact immédiat des matières hétérogènes. Il a fallu des siècles pour créer ce monde de phénomènes dont se composait la chimie au temps de Lavoisier. Il a fallu un nombre infini d'observations avant qu'on pût expliquer le phénomène chimique le plus saisissant, la combustion d'une bougie, avant que l'on comprît que la formation de la rouille sur le fer, le blanchiment des couleurs organiques, la respiration des animaux, sont déterminés par la même cause.

Que d'efforts pour acquérir les connaissances chimiques que nous avons aujourd'hui! Des milliers d'hommes, armés de toute la science de leur temps, et

possédés d'une passion invincible, presque furieuse, ont exposé leur vie, leur fortune, épuisé toute leur énergie pour fouiller la terre dans tous les sens, pour prendre un à un tous les corps connus, organiques et inorganiques, pour les mettre ensemble en contact de mille manières variées; et ce travail s'est continué pendant quinze siècles entiers! Un désir puissant, irrésistible, donnait aux hommes cette patience, cette persévérance, sans exemple dans l'histoire, pour des recherches qui ne satisfaisaient à aucun besoin du temps. C'était le désir d'obtenir la félicité terrestre.

Une singulière idée avait pris racine dans l'esprit des hommes les plus savants, les plus expérimentés : la terre, selon eux, recélait une chose mystérieuse dont la découverte devait combler tous les désirs des sens, en procurant l'or, la santé et une longue vie. « L'or donne le pouvoir; il n'est point de jouissance sans la santé, et une longue vie tient lieu de l'immortalité. » (Gœthe.)

Ces trois conditions suprêmes de la félicité humaine, on les croyait trouver réunies dans la pierre philosophale. Pendant bien des siècles, les travaux de tous les chimistes avaient pour unique but de découvrir la terre virginale, la substance mystérieuse qui, dans les mains du sage ou du savant, devait transformer le vil métal en or. Plus tard, cet or, employé comme médicament dans son plus haut degré de perfection, passait pour guérir toutes les maladies, pour rajeunir le corps et prolonger la vie.

Il faut se rappeler, pour bien apprécier le caractère

de l'alchimie, que, jusqu'au XVIe siècle, la terre était considérée comme le centre de l'univers. On croyait alors à une relation intime entre la vie, la destinée des hommes, et le mouvement des astres. Le monde était un grand tout, un organisme dont les membres réagissaient continuellement les uns sur les autres. « Les forces créatrices rayonnent de tous les points du ciel vers la terre, et déterminent les choses terrestres. » (Roger Bacon.) « Lorsqu'on mange du pain, dit Paracelse, ne savoure-t-on pas à la fois le ciel, la terre et les astres, puisque le ciel par la pluie fécondante, la terre par le sol, et le soleil par ses rayons chauds et lumineux, concourent à produire le pain, et que le tout est présent dans la partie? » Ce qui se passait sur la terre, on le croyait lire dans les étoiles; ce qui était écrit dans le ciel, devait s'accomplir sur la terre. Mars, Vénus, ou toute autre planète régissait les événements de la vie de chaque homme, dès sa naissance. Les comètes, dont l'apparition est si irrégulière, étaient des signes menaçants, annonçant aux populations misère et malheur.

La magie avait pour objet d'étudier les forces de la nature; jointe à l'art de guérir, elle passait pour contenir toute une science secrète. On attribuait à l'action d'esprits invisibles les manifestations de la vie organique, et les phénomènes grandioses de la nature, comme le tonnerre, les éclairs, la tempête, la grêle. Ce qu'un penseur s'était acquis par l'observation, était inaccessible à la foule; pour elle, il faisait commerce avec des

êtres surnaturels, sa science était un pouvoir à l'aide duquel il dominait les esprits. « Les démons, dit Cæsalpinus, conçoivent par un sens interne, sans avoir besoin de corps; mais ils ne peuvent, sans moyens naturels, exercer aucune influence sur les hommes et les animaux. Ceux de la mauvaise espèce causent les ensorcellements et toutes sortes de maléfices. »

Pendant quatre siècles, ces alliances supposées de l'homme avec l'esprit malin faisaient condamner par les tribunaux des milliers de victimes. Les pactes auxquels on croyait étaient d'une bien singulière espèce, puisque aucune des parties contractantes n'en tirait un bénéfice : les malheureux, en effet, qui avaient voué leur âme au diable, vivaient ordinairement dans une profonde misère, ils ne participaient pas aux jouissances terrestres, et leur part du ciel, étant dévolue au diable, n'avait plus pour eux aucune valeur.

Si l'on tient compte de cet état de l'esprit humain, on peut dire que l'alchimie était plus avancée que d'autres sciences, quant à la connaissance de la nature, et, en vérité la chimie d'alors, jusqu'au xve siècle, n'était pas plus arriérée que l'astronomie, elle se trouvait au même degré de développement.

Ce fut d'Égypte, par les Arabes, que se répandit l'idée que la pierre philosophale était le moyen de transformer en or les métaux communs. La conquête de l'Égypte mit les Arabes en possession des connaissances physiques, qui étaient probablement, dans l'ori-

gine, le fruit des travaux d'une caste de prêtres jaloux ; enseignées dans les temples sous forme de mystères, elles n'étaient alors accessibles qu'aux initiés. Hérodote et Platon avaient fait leurs études dans ce pays remarquable. Neuf cents ans avant la conquête, l'Académie d'Alexandrie était déjà devenue un centre scientifique, et encore à l'époque où les Arabes incendièrent la fameuse bibliothèque, Alexandrie était l'asile et le siége le plus important de la science grecque. Chez ce peuple, d'une intelligence encore vierge, ni le fatalisme de Mahomet, si opposé au développement de la médecine, ni les préceptes du Coran qui interdit formellement les rêveries, ne purent empêcher la culture des sciences, de la médecine, de l'astronomie, des mathématiques : aussi les doctrines des savants d'Alexandrie, sur la transformation des métaux, durent-elles trouver chez lui un sol propice, préparé d'avance et fécond.

Au temps où Bagdad, Bassora, Damas, étaient les centres du commerce du monde, il n'y eut pas de peuple plus habile, plus actif, plus avide de lucre et d'or que les Arabes. Leurs contes nous ont conservé leurs souhaits favoris, mobiles de leur activité. Tandis que les elfes et les nixes, les nains et les ondines des contes germaniques étaient les dispensateurs d'épées auxquelles aucun ennemi ne pouvait résister, ou d'onguents qui guérissaient toutes les plaies, ou de coupes qui ne se vidaient jamais, ou de tables qui étaient toujours servies, les esprits des *Mille et une nuits* sont toujours les dépositaires d'immenses trésors, ou les gar-

diens de jardins remplis de fleurs et de fruits d'or ou de pierres précieuses. La lampe merveilleuse des conteurs arabes, par laquelle l'homme pouvait acquérir toutes ces magnificences, était considérée comme quelque chose d'aussi réel, d'aussi accessible que, quelques siècles plus tard, les balais sur lesquels chevauchaient les sorcières du Blocksberg, et dansaient leur sabbat échevelé la nuit de la Saint-Sylvestre.

En Égypte, la lampe merveilleuse prit la forme de la pierre philosophale.

Les écoles arabes, par la recherche de cette pierre philosophale, donnèrent la première impulsion scientifique à toute l'Europe occidentale et y introduisirent ainsi les connaissances chimiques. Sur le modèle des universités de Cordoue, de Séville, de Tolède, visitées depuis le xe siècle par les curieux de tous les pays, se formèrent bientôt de nouveaux centres scientifiques à Paris, à Salamanque, à Padoue, et comme l'exigeait d'ailleurs l'état de civilisation du temps, les prêtres chrétiens devinrent les seuls dépositaires et les propagateurs des doctrines des savants arabes. Bien des siècles après, l'alchimie conservait encore, des prêtres égyptiens, ces interprétations dont l'obscurité était passée en proverbe, ce style mystique rempli d'images et entremêlé d'idées religieuses.

Les écrits de Geber, ce Pline du VIIIe siècle, dénotent une variété de connaissances chimiques vraiment admirable pour l'époque. Les théories des éminents

savants du XIIIe siècle, de Roger Bacon et d'Albert de Bollstadt (Albertus Magnus, évêque de Ratisbonne), peuvent certainement, pour la richesse des idées et l'étendue des conceptions, se comparer aux théories de nos écoles philosophiques modernes.

Déjà au temps de Geber, on classait, comme aujourd'hui, les corps par groupes, suivant leurs analogies, suivant certaines ressemblances de leurs propriétés. Tous les métaux partagent certaines propriétés fondamentales, ils ont tous l'éclat dit métallique : il en est qui sont inaltérables au feu, c'étaient les métaux appelés nobles ; la plupart des autres perdent au feu leur éclat ou leur ductilité, c'étaient les métaux imparfaits ou les demi-métaux.

A cause de leur éclat métallique, la galène et la pyrite ne pouvaient pas être séparées des métaux : la galène, en effet, a presque la couleur du plomb, la pyrite a celle de l'or. De la galène et de la pyrite, on peut extraire du soufre ; de la première on peut, sans en changer la couleur, retirer du plomb ductile, fusible, doué de l'éclat métallique. Qu'y avait-il de plus naturel, d'après cela, que de croire que tous les métaux contenaient du soufre et qu'il en modifiait les propriétés suivant qu'il y entrait en quantité plus ou moins grande? Et comme, en expulsant du soufre de la galène, on la transformait en plomb métallique, n'était-il pas probable qu'en en séparant un peu plus de soufre, on rendrait le plomb encore plus noble, on parviendrait à le convertir en argent ?

On connaissait la propriété que possède le mercure de se réduire en vapeurs. Quoi de plus naturel alors que de supposer que la formation de la rouille, que la perte des propriétés métalliques subie par les métaux dans la calcination, provenaient du dégagement d'un mercure volatil?

Aujourd'hui encore l'expérience nous conduit à admettre un principe colorant particulier dans toutes les matières qui ont de la couleur. La couleur rouge du rubis, la couleur verte de l'émeraude, la couleur bleue du saphir, sont dues à des causes semblables à celles qui déterminent la coloration des étoffes.

On peut durcir le fer doux par une légère addition d'un corps étranger, adoucir et rendre ductile la fonte brute par certaines opérations, communiquer au cuivre la couleur de l'or par le traitement avec de la calamine, donner à ce même cuivre rouge la couleur blanche de l'argent par un mélange d'arsenic. L'or chauffé avec du sel ammoniac devient d'un jaune rougeâtre, tandis que le borax le blanchit. Avec de l'encre ordinaire (contenant du vitriol bleu), nos enfants convertissent encore aujourd'hui le fer en cuivre. On extrait de l'or du sable de certaines rivières; on obtient du fer en calcinant de l'argile rouge avec de l'huile.

Qu'y avait-il de plus naturel pour un esprit inexpérimenté, que d'attribuer les propriétés des métaux à certaines substances particulières; que d'admettre la possibilité de communiquer les propriétés de l'or ou de l'argent au plomb ou au cuivre, par l'addition ou par

la séparation de certaines parties? La teinture imparfaite donnant la couleur, une teinture plus parfaite devait donner les autres propriétés.

On ne s'étonnera pas que les anciens alchimistes aient pris certains sulfures pour des métaux, si l'on se rappelle que les chimistes modernes eux-mêmes ont considéré pendant vingt-six ans, comme des métaux simples, un oxyde, le protoxyde d'urane, et une combinaison azotée, l'azoture de titane.

Il existe, dit Geber, des moyens de produire et de transmuter les métaux, ainsi que le prouvent certains faits, incontestables selon lui. Ces moyens dérivent de trois états particuliers sous lesquels on obtient les corps. Dans le premier état, ils constituent les matériaux bruts, tels que nous les offre la nature. Dans le second état, les minerais sont purifiés par des opérations chimiques. Enfin, les corps s'obtiennent dans le troisième état par une nouvelle épuration qui donne le grand magistérium, la teinture rouge, le grand élixir, la pierre philosophale.

Les alchimistes supposaient dans les métaux la présence d'un principe particulier qui leur communiquait le caractère de la métallité : c'était le mercure des sages. Un métal commun devenait plus noble en fixant une plus grande quantité de ce principe. En extrayant le principe métallique d'une matière, en augmentant sa force par l'épuration, en préparant ainsi la quintessence de la métallité, on obtenait la pierre qui, portée

sur des métaux communs, les transformait en métaux nobles. Cette pierre philosophale agissait, selon certains alchimistes, à la manière d'un ferment. « La levûre, par une transmutation des parties, ne convertit-elle pas les sucs végétaux, et l'eau sucrée en eau-de-vie fortifiante et rajeunissante? n'effectue-t-elle pas le départ de toutes les impuretés ! » (Georges Rippel, XVe siècle.)

Dans son plus haut degré de perfection, la pierre philosophale était une panacée universelle : suivant Roger Bacon, une seule partie suffisait pour convertir en or un million de parties, ou même, selon Raymond Lulle, mille millions de parties de métal commun. Selon Basile Valentin, cependant, la puissance de transmutation de la pierre philosophale ne se bornait qu'à 70 parties de métal commun, et même, selon John Price, le dernier faiseur d'or du XVIIIe siècle, qu'à 30 ou à 60 parties.

Pour préparer la pierre philosophale, il fallait d'abord la matière première, la terre adamique, la terre virginale : cette terre, quoique répandue partout, ne pouvait se découvrir que dans certaines conditions, connues seulement des initiés. « Quand on a cette terre, dit Isaac Hollandus, la préparation de la pierre philosophale n'est plus qu'un ouvrage de femme, un jeu d'enfant. De la *materia cruda* ou *remota*, le philosophe extrait le mercure des sages, qui diffère du mercure commun, et constitue la quintessence de la métallité, la condition de la production de tous les métaux. On ajoute de l'or philosophique à ce mercure, et on laisse

pendant quelque temps le mélange dans un four à couver qui doit avoir la forme d'un œuf. On obtient alors un corps noir, la tête de corbeau, *caput corvi*, qui, après avoir été laissée au feu pendant quelque temps, se convertit en un corps blanc : c'est le cygne blanc. Quand le feu est plus long et plus vif, la matière devient jaune et finalement d'un rouge brillant : alors le grand œuvre est accompli. »

D'autres descriptions de la manière de préparer la pierre philosophale sont encore plus obscures et entremêlées d'explications mystiques.

L'usage où l'on était d'apprécier le temps d'après la durée des prières passa, vers le xe ou le xiie siècle, dans les laboratoires, et l'on s'explique aisément comment on fut conduit peu à peu à attribuer la réussite d'une opération à la prière qui, dans l'origine, en devait simplement indiquer la durée. Au xvie siècle, les idées alchimiques étaient si complétement confondues avec les idées religieuses, qu'on se servait très souvent de mots alchimiques pour désigner ces dernières. Ainsi, dans les écrits des sectateurs mystiques (par exemple de Jacob Boehme, mort en 1624), la pierre philosophale ne signifie plus la matière qui produit l'or, mais elle veut dire *conversion ;* le fourneau de terre, c'est le corps de l'homme ; le lion vert, c'est le lion de David, etc.

Avant l'invention de l'imprimerie, il était facile aux alchimistes de tenir leurs recherches secrètes ; ils n'échangeaient leurs expériences que contre les expériences

d'autres initiés. Les opérations chimiques qu'ils ont fait connaître sont claires et intelligibles, lorsqu'elles ne conduisent à aucun résultat ayant directement rapport au but principal de leurs recherches. Mais ce sont des images et des symboles quand il s'agit de leurs travaux relatifs au grand œuvre : ils expriment alors, dans un langage inintelligible, ce qu'eux-mêmes ils ne concevaient que fort vaguement.

Ce qui étonne le plus, c'est que l'existence de la pierre philosophale ait pu passer, pendant tant de siècles, pour une vérité incontestable, alors cependant que personne ne la possédait, et que chacun soutenait qu'un autre l'avait.

Comment d'ailleurs le doute était-il possible, quand Van Helmont (1618) racontait avoir reçu d'une main inconnue un quart de grain du corps précieux avec lequel il avait transformé huit onces de mercure en or pur ! Et Helvétius, le célèbre médecin du prince d'Orange, l'adversaire déclaré de l'alchimie, n'avait-il pas aussi donné les preuves les plus concluantes en faveur de l'existence de la pierre philosophale, dans son *Vitulus aureus quem mundus adorat et orat* (1667) ? Lui, en effet, le sceptique, avait reçu d'un étranger un petit morceau de la grosseur d'un demi-grain de pavot, et, en présence de sa femme et de son fils, il avait converti six drachmes de plomb en or, parfaitement contrôlé par la monnaie de la Haye (1) !

(1) *Histoire de la chimie*, par M. Hermann Kopp, t. IV, 171.

Veut-on d'autres preuves? Le comte de Russ, directeur des mines, transforma deux livres et demie de mercure en or fin, et cela en présence de l'empereur Ferdinand III, à Prague, à l'aide d'un grain d'une poudre rouge qu'il tenait d'un certain Richthausen, et que celui-ci avait reçue d'un inconnu. On frappa avec cet or une grande médaille où était représenté le Dieu du soleil (l'or), tenant le caducée de Mercure (pour indiquer la production par le mercure), et avec cette inscription : *Divina metamorphosis exhibita Pragæ*, XV. *Jan. an.* MDCXLVIII, *in præsentia Sac. Cæs. Maj. Ferdinandis Tertii*, etc. Selon J.-F. Gmelin, cette médaille se voyait encore en 1797, à la trésorerie de Vienne.

Les alchimistes racontent aussi que le landgrave Ernest Louis, de Hesse-Darmstadt, avait reçu d'une main inconnue un petit paquet contenant de la teinture rouge et blanche, avec la manière de s'en servir. Avec l'or qu'il retira ainsi du plomb, on frappa des ducats, et avec l'argent, les écus de Hesse au millésime de 1717, portant pour devise : *Sic Deo placuit in tribulationibus.*

Il arriva probablement à ces amateurs d'alchimie ce qui advint au fameux J.-S. Semler, professeur de théologie à Halle (1791) (1), qui s'occupait, en 1786, d'une célèbre médecine universelle dont un certain baron de Hirsch faisait le commerce, sous le nom de *sel d'air* (*Luftsalz*). Il croyait avoir découvert la production de

(1) *Histoire de la chimie*, par M. Hermann Kopp, t. II, p. 172.

l'or dans ce sel, humecté et tenu chaud. Il adressa, en 1787, à l'Académie de Berlin, une partie de ce sel avec l'or qui y avait poussé. Klaproth, qui l'examina, y trouva du sel de Glauber, du sel amer enveloppé dans un magma d'urine et de l'or en feuilles d'une assez grande dimension. Semler envoya aussi à Klaproth du sel, où il n'avait pas encore poussé d'or, ainsi qu'une liqueur qui « contenait la graine d'or et fécondait le sel » d'air par la chaleur. » Mais il se trouva que le sel était déjà mélangé avec de l'or. Semler croyait sérieusement à la production de l'or; il écrivit en 1788 : « Deux verres portent de l'or ; tous les cinq ou six jours, je l'enlève, il y en a toujours de 12 à 15 grains ; deux ou trois autres verres sont en voie, et l'on distingue déjà les fleurs de l'or qui percent par le bas. » Mais un nouvel envoi à Klaproth, en feuilles de 4 à 9 pouces carrés, fit voir que la qualité de la plante s'était altérée, car elle portait de l'or faux, du tombac. La chose s'éclaircit alors. Le domestique de Semler, chargé des soins de la serre, avait mis de l'or dans les verres pour faire plaisir à son maître ; par suite d'un empêchement du domestique, sa femme prit sur elle l'affaire, mais elle pensait que l'or faux revenait moins cher et remplissait le même but.

Aux XIVe, XVe et XVIe siècles, on n'était pas aussi familiarisé, qu'au temps de Semler, avec les moyens de distinguer l'or ou l'argent vrai des mélanges qui leur ressemblent, et les fraudes grandioses commises par les faiseurs d'or n'étaient pas de nature à affaiblir la

croyance à la transmutation des métaux. Henri VI, roi d'Angleterre (1423), fit un appel, dans quatre décrets consécutifs, à tous les nobles, docteurs, professeurs et prêtres, pour qu'ils s'adonnassent, dans la mesure de leurs forces, à l'étude de l'art, afin de trouver les moyens de payer les dettes de l'État. Les prêtres, pensa le roi, doivent pouvoir trouver la pierre philosophale, puisqu'ils savent transformer le pain et le vin en le corps et le sang du Christ. A l'aide de Dieu, ils doivent réussir à convertir en or les métaux communs. On peut juger de l'effet de ces décrets en considérant que le parlement d'Écosse ordonna une surveillance sévère dans tous les ports, et surtout à la frontière, afin d'empêcher l'introduction de la fausse monnaie. On trouve encore, dit-on, à Birmingham, des descendants de ces faiseurs d'or.

Au XVIe siècle, il y avait des alchimistes à la cour de tous les princes : l'empereur Rodolphe II et le palatin Frédéric étaient surtout connus pour les protéger. On s'occupait d'alchimie dans toutes les classes de la société, et l'on sacrifiait des sommes considérables pour la découverte de la pierre philosophale, à peu près comme aujourd'hui les princes, les particuliers ou les compagnies font de fortes dépenses pour des entreprises de mines de charbon ou de sel. Il surgit alors une foule d'aventuriers qui essayèrent de se faire passer auprès des grands seigneurs pour des adeptes, c'est-à-dire pour des possesseurs du grand secret ; mais c'était là un jeu dangereux, car ceux qui réussirent quelque

part à justifier leur qualité d'adeptes par des transmutations de métaux habilement exécutées, et qui en reçurent honneurs et richesses, finirent par échouer ailleurs, et leur fin consistait ordinairement à être pendus à une potence dorée, en habits couverts d'oripeaux. A d'autres, dont la fraude ne pouvait pas être prouvée, des princes cupides firent payer, par la prison et la torture, l'honneur d'être possesseurs de la pierre philosophale. Le traitement cruel que ces malheureux eurent à subir passait pour la plus grande preuve de la vérité de leur art (H. Kopp).

Bacon de Vérulam, Luther, Spinosa, Leibnitz, croyaient à la pierre philosophale et à la transmutation des métaux. Plusieurs arrêtés rendus par les facultés de droit du temps font voir quelles profondes racines ces idées avaient alors. La faculté de droit de Leipzig (1580), dans un jugement contre David Beuther, le déclara convaincu de possession de la pierre philosophale. Le même corps signa une consultation dans l'affaire de la comtesse Anne-Sophie d'Erbach contre son mari, le comte Frédéric-Charles. La comtesse avait donné asile, en son château de Frankenstein, à un individu poursuivi pour braconnage ; celui-ci, qui était un adepte, pour témoigner sa reconnaissance, transforma en or la vaisselle d'argent de la comtesse. Le comte en réclama pour lui la moitié, se fondant sur ce que la plus-value avait été acquise sur sa propriété, et lui revenait par le mariage. La faculté se prononça contre le comte, parce que, selon elle, l'objet en litige avait été,

avant la transmutation, la propriété de la comtesse, et que celle-ci ne pouvait pas, par cette transmutation, perdre son droit de propriété.

On n'est que trop disposé, de notre temps, à considérer comme une funeste aberration de l'esprit humain les opinions des disciples de l'école arabe, sur la transmutation des métaux ; cependant cette idée de la nature variable des choses répond bien à l'expérience commune, et précède toujours l'idée de la nature immuable. Ce n'est que depuis que Dalton a introduit dans la science la doctrine des particules définies non divisibles (des atomes), qu'on admet l'existence des corps simples; toutefois l'idée qu'on y rattache semble si peu naturelle, qu'il n'est aucun des chimistes modernes qui envisage les métaux comme des corps indécomposables. Il n'y a pas longtemps encore que Berzelius croyait fermement à la nature composée de l'azote, du chlore, du brome et de l'iode. Les corps que nous appelons simples ne passent pas pour tels, parce que nous les croyons indécomposables, mais parce que, dans l'état de nos connaissances, nous ne pouvons pas démontrer scientifiquement leur décomposition ; mais il ne nous paraît pas impossible que cette décomposition réussisse un jour. En 1807, les alcalis et les terres passaient aussi pour des corps simples, et H. Davy les a bien décomposés.

Dans le dernier quart du siècle passé, plusieurs d'entre les savants les plus éminents croyaient à la possibilité

de convertir l'eau en terre, et cette opinion était si répandue, que Lavoisier, le plus grand chimiste de son temps, crut nécessaire de faire exprès des recherches pour éprouver la valeur de cette opinion, et pour en démontrer l'erreur. N'a-t-on pas vu d'ailleurs, de nos jours, des savants défendre, avec ardeur et sagacité, la production de la chaux pendant l'incubation des œufs de poule, ainsi que celle du fer et des oxydes métalliques dans l'économie animale et végétale?

Il ne faut pas comprendre la chimie, il ne faut pas connaître son histoire, pour avoir, comme beaucoup de gens, ce dédain prétentieux et ridicule pour l'époque de l'alchimie. Est-il possible, en effet, que pendant des siècles, les hommes les plus instruits, les penseurs les plus profonds, que Bacon, Spinosa, Leibnitz, aient pu professer une opinion qui eût manqué de tout fondement, qui n'eût pas eu la moindre raison? Cela n'indique-t-il pas, au contraire, que la transmutation des métaux était parfaitement d'accord avec toutes les observations du temps, qu'elle ne se trouvait alors en contradiction avec aucun fait connu?

Placés sur le premier échelon du développement scientifique, les alchimistes ne pouvaient pas avoir d'autre opinion sur la nature des métaux : celle qu'ils avaient était la seule possible dans l'ordre naturel des choses. Sans cette idée de la transmutation, la chimie n'existerait pas dans son état actuel de perfection, et il a bien fallu ces quinze cents ou deux mille ans de travaux préparatoires pour la porter au degré où elle se

trouve aujourd'hui. La pierre philosophale, dit-on, a été une erreur; mais qu'on y songe donc, toutes nos vérités sont issues d'erreurs. Ce que nous croyons vrai aujourd'hui, demain peut-être sera déjà une erreur.

Toute théorie qui incite au travail, qui exerce la sagacité et entretient la persévérance, est un bénéfice pour la science, car c'est le travail qui conduit aux découvertes. Nous ne devons pas les trois lois de Képler, cette base de l'astronomie moderne, à des idées exactes sur la nature de la force qui retient les planètes dans leurs orbites, mais elles sont le résultat de l'expérimentation, c'est-à-dire du travail.

L'imagination la plus vive, l'intelligence la plus subtile ne saurait rien trouver qui agît sur l'esprit et sur l'activité des hommes plus puissamment et d'une manière plus persistante que l'idée de la pierre philosophale. C'est bien elle aussi, c'est la même puissance d'impulsion qui fit accourir au nouveau monde avec Christophe Colomb, et après lui, des milliers d'aventuriers, décidés à exposer leur fortune et leur vie; qui, de nos jours encore, pousse tant d'individus au delà des chaînes Rocheuses de l'Amérique, où ils vont répandre la civilisation de l'ancien monde.

Pour savoir enfin que la pierre philosophale n'existe pas, il fallut examiner et observer, avec toutes les ressources du temps, tout ce qui était accessible aux investigations, et c'est en cela précisément que consiste l'influence presque merveilleuse de cette idée. Sa puissance ne put être brisée qu'alors que la science eut acquis un

certain degré de perfection. Pendant des siècles, quand des doutes surgirent, quand les travailleurs commencèrent à se lasser, il arriva toujours à temps un inconnu mystérieux qui convainquit un homme digne de foi et éminent de la réalité du grand œuvre.

Une personne étrangère à la science, qui prendrait la peine de lire une seule page d'un traité de chimie, serait émerveillée de la masse de faits isolés qui y sont consignés ; chaque mot, pour ainsi dire, y exprime une expérience, un phénomène. Toutes ces expériences ne se sont pas d'elles-mêmes présentées à l'observateur ; il a fallu les chercher et les découvrir péniblement. Où en serait la chimie d'aujourd'hui sans l'acide sulfurique, qui est une découverte des alchimistes, vieille de plus de mille ans, ou sans l'acide muriatique, l'acide nitrique, l'ammoniaque, sans les alcalis, les nombreuses combinaisons métalliques, l'alcool, l'éther, le phosphore, le bleu de Prusse? On ne saurait se faire une idée des difficultés qu'avaient à surmonter les alchimistes dans leurs travaux ; ils imaginaient eux-mêmes leurs outils, leurs opérations, et ils étaient obligés de préparer de leurs propres mains tout ce qu'ils employaient.

L'alchimie n'a jamais été autre chose que la chimie elle-même. On est fort injuste envers les alchimistes, en les confondant avec les faiseurs d'or du XVIe et du XVIIe siècle. Il y eut toujours, parmi les alchimistes, un noyau de véritables expérimentateurs qui souvent, il est vrai, se faisaient des illusions, tandis que les faiseurs

d'or se trompaient eux-mêmes et trompaient les autres. L'alchimie était la science, l'art de faire de l'or comprenait toutes les industries chimiques. On peut hardiment mettre en parallèle, avec les plus belles découvertes de notre siècle, ce que Glauber, Bœttger et Kunkel ont produit sous ce rapport.

Quiconque ignore les services déjà rendus par la science, trouverait tout aussi extravagantes que les idées des alchimistes certaines théories qui dirigent les travaux des chimistes modernes. Ce n'est pas que nous croyions à la transmutation des métaux, si vraisemblable pour les anciens, mais nous admettons la possibilité de réaliser des choses bien plus singulières. Nous sommes si habitués aux merveilles que rien ne nous étonne plus. En effet, nous fixons sur le papier les rayons du soleil, et nous faisons parcourir à notre pensée les plus grandes distances avec la rapidité de l'éclair. Nous faisons fondre le cuivre dans l'eau, et nous en coulons à froid des statues. Nous faisons congeler l'eau et même le mercure dans des creusets chauffés au rouge, et nous obtenons ainsi de véritable glace ou du mercure solide et malléable. Nous croyons possible d'éclairer de la manière la plus brillante des villes entières avec des lampes sans flamme, sans feu, et auxquelles l'air n'a point d'accès. Nous préparons dans nos fabriques l'outremer, la plus précieuse des substances minérales, et nous croyons que demain ou après-demain quelqu'un trouvera le moyen de faire de magnifiques diamants avec du charbon de bois, des saphirs ou des rubis avec

de l'alun; la magnifique matière colorante de la garance, la bienfaisante quinine ou la morphine, avec le goudron de houille. Ce sont là autant de choses tout aussi précieuses, et même bien plus utiles que l'or. Tout le monde s'occupe de la découverte de ces choses, et personne cependant ne s'en occupe isolément : elles sont l'objet des recherches de tous les chimistes, en ce sens que les chimistes étudient les lois des transformations et des métamorphoses des corps, mais aucun d'eux ne prend pour unique tâche de sa vie la production du diamant ou de la quinine. Sans doute, s'il y avait un homme armé des connaissances nécessaires, qui voulût entreprendre ce travail, et qu'il fût animé du courage et de la persévérance des alchimistes, il aurait la chance de résoudre le problème; les dernières découvertes qui ont été faites sur les bases organiques nous autorisent à le croire, et personne n'aurait le droit de se moquer de lui comme d'un faiseur d'or.

La science a démontré que l'homme qui réalise toutes ces merveilles se compose d'air condensé; qu'il vit d'air condensé et d'air non condensé; qu'il se vêtit d'air condensé; qu'il prépare ses aliments à l'aide d'air condensé, et que c'est encore par de l'air condensé qu'il met en mouvement, avec la rapidité du vent, les plus lourds fardeaux. Ce qu'il y a encore de plus singulier, c'est que des milliers de semblables boîtes d'air condensé, à deux pattes, viennent s'entre-détruire, dans de grandes batailles, avec de l'air condensé, afin de conquérir cette abondance d'air condensé nécessaire à leur

entretien. Beaucoup de gens considèrent les propriétés de l'être immatériel, conscient, pensant et sensible qui habite ces boîtes, comme un simple effet de leur structure et de leur disposition intérieure; mais la chimie fournit la preuve irrécusable que, s'il en était ainsi, l'homme devrait être identique avec le bœuf ou avec l'animal le plus inférieur de l'échelle, puisqu'il ne diffère pas de ces animaux, sous le rapport de cette composition ultime et délicate qui échappe aux sens.

Mais revenons à l'alchimie. On oublie trop, en la jugeant, que la science représente un organisme intellectuel où n'arrive la conscience, comme chez l'homme, que lorsqu'il se trouve à un certain degré de développement. Il est certain que les buts particuliers que les alchimistes cherchaient à atteindre concouraient tous à un but plus élevé : le chemin qui y a conduit est évidemment le meilleur. Pour bâtir un palais, il faut beaucoup de pierres, et il faut les extraire de la carrière; il faut aussi beaucoup d'arbres qui ont besoin d'être abattus et taillés : le plan vient d'en haut, l'architecte seul le connaît.

La pierre philosophale, qu'une aspiration vague et confuse faisait chercher aux anciens, n'est autre chose, dans son état de perfection, que la science chimique elle-même. La chimie, en effet, n'est-elle pas la pierre philosophale qui promet d'augmenter la fertilité de nos terres et d'assurer la prospérité à des millions d'hommes? N'est-ce pas la chimie qui prétend faire produire

au même champ, au lieu de sept, huit grains et davantage ? N'est-ce pas elle qui façonne toutes les parties du globe terrestre en produits utiles, que le commerce transforme en or? N'est-ce pas elle, enfin, qui se charge d'approfondir les lois des phénomènes vitaux, et qui nous donnera les moyens de guérir les maladies, de prolonger la vie?

Chaque découverte livre à nos investigations des terrains nouveaux, plus vastes, plus féconds. C'est bien encore la terre virginale que nous cherchons dans les lois de la nature, et nous n'aurons jamais fini de la chercher, nous la chercherons toujours.

C'est par ignorance de l'histoire qu'on a généralement une espèce de dédain, et même de mépris, pour la deuxième période de la chimie, appelée la *période du phlogistique*. Nous ne concevons pas, dans notre orgueil, que les expériences de Jean Rey, sur l'augmentation de poids des métaux par la calcination, soient restées inaperçues, tandis qu'à la même époque l'idée du phlogistique ait pu se développer et trouver des partisans. C'est qu'alors les efforts de tous les chimistes étaient tournés vers la coordination des faits acquis. Les observations de Jean Rey furent sans influence, parce qu'elles ne semblaient avoir aucun rapport avec la combustion en général, et que d'ailleurs il y avait beaucoup de corps qui, dans les mêmes circonstances, semblaient devenir plus légers, ou même disparaître complétement. Le but de tous les travaux de Becher, de Stahl, et de

leurs successeurs était précisément la recherche des phénomènes appartenant à la même catégorie et dus à la même cause.

C'est le grand mérite de Stahl d'avoir découvert et mis en lumière les relations qui existent entre la calcination des métaux et le phénomène de la combustion. Avant lui, on ne savait pas que le fer est encore contenu dans la rouille, que le soufre est encore renfermé dans l'acide sulfurique, et qu'on peut en extraire de nouveau le fer et le soufre. C'est donc une découverte immense que celle de l'analogie qui existe entre la calcination des métaux et la production de l'acide sulfurique par le soufre, entre la revivification des métaux par les chaux métalliques et l'extraction du soufre de l'acide sulfurique. Cette découverte est l'origine d'un progrès qui s'est continué jusqu'à nous ; elle renferme une vérité encore aujourd'hui incontestée, et indépendante des poids. Avant de peser, il fallait savoir ce qui était à peser ; avant de mesurer, il fallait connaître les rapports qui existent entre les choses à mesurer.

Nous estimons les faits en raison de leur immuabilité, et parce qu'ils sont le terrain d'où surgissent les idées ; mais un fait n'acquiert une valeur réelle que par l'idée même qui en découle. Stahl manquait de faits, mais l'idée lui appartient. Cavendish et Watt ont l'un et l'autre découvert la composition de l'eau : Cavendish établit le fait, Watt eut l'idée. Cavendish dit, l'eau *naît* d'air inflammable et d'air déphlogistiqué ; Watt dit, l'eau se *compose* d'air inflammable et d'air déphlogistiqué.

Entre ces deux expressions, la différence est grande. C'est d'ailleurs manquer de jugement que d'attacher une valeur exagérée aux simples faits, et le plus souvent cela ne sert qu'à déguiser la pénurie des idées.

Il est des idées d'une étendue, d'une profondeur telles que, quoique entièrement usées, il leur reste encore assez d'étoffe pour occuper pendant tout un siècle l'esprit de plusieurs générations. Le phlogistique est une idée de ce genre. Il ne fut d'abord qu'une abstraction, et il importait peu, pour l'usage qu'on en faisait, qu'elle fût dépourvue de réalité ; l'idée était bonne tant qu'elle servait à coordonner des faits et à trouver de nouvelles généralisations. La notion du poids fit sans doute découvrir les relations que la combustion présente avec une certaine partie de l'air, mais elle n'ajouta rien à l'explication du phénomène. Stahl ne connaissait pas les rapports d'après lesquels l'air ou le corps en combustion augmentent de poids, et, aujourd'hui, nous ne savons pas davantage quelles relations existent entre le dégagement de lumière et de chaleur, et l'augmentation ou la diminution de poids dans la combustion. Ce que Stahl considérait comme essentiel, nous le négligeons : voilà la différence.

Il faut laisser aux choses leur cours naturel. Les chimistes ont dû d'abord se familiariser avec les choses tangibles, avant de s'occuper des corps invisibles. L'idée que nous nous faisons aujourd'hui de la combinaison chimique nous vient de la chimie pneumatique : à l'époque de Stahl, on n'avait aucune notion de la nature chi-

mique des gaz et de l'air. L'attraction chimique ne devint évidente pour les gaz qu'alors qu'on eut observé des disparitions, des diminutions de volume.

Hales (1727) vit se dégager de l'air d'une grande quantité de corps, par l'action du feu ; tout ce qui avait l'état gazeux et élastique était pour lui de l'air; il ne savait pas distinguer de l'air commun le gaz carbonique et les gaz inflammables. Il considéra la diminution du volume des gaz au contact de l'eau ou par la combustion, non comme une dissolution ou comme une combinaison, mais comme une perte de la faculté de dilatation.

Les excellentes recherches de Black devinrent la première base de la chimie antiphlogistique. Ses expériences sur la chaux et les alcalis furent plus tard imitées par Lavoisier dans son expérience fondamentale sur la fixation et le dégagement d'un des principes de l'air par la calcination et la revivification de l'oxyde rouge de mercure.

L'époque des recherches quantitatives commence, pour la chimie, avec Black, quand ce chimiste démontra que la chaux caustique perd sa causticité par le séjour à l'air, et qu'elle augmente ainsi de poids; quand il prouva que cette augmentation de poids provient de la fixation d'un gaz (de l'acide carbonique) contenu dans l'air, d'un gaz qu'on peut de nouveau expulser par la chaleur; quand, enfin, il mit en évidence que cette augmentation de poids correspond à la quantité de gaz fixé. Le phlogistique perdit alors sa signification,

et, à la place de l'idée, vint une série de faits intimement liés.

Aujourd'hui encore, beaucoup de chimistes ont besoin de certains noms collectifs, semblables à celui de phlogistique, pour désigner des phénomènes qu'ils supposent appartenir à la même catégorie ou déterminés par la même cause : mais, au lieu d'employer pour cela des mots exprimant des choses matérielles, comme c'était l'usage jusqu'à la fin du XVIIe siècle, ils se servent du mot *force*, inventé tout exprès pour la circonstance, depuis Berthollet.

Rien de plus contraire aux règles d'une investigation rationnelle que, par exemple, l'usage des mots *catalyse* ou *force catalytique*. Tout le monde sait que ces mots n'expriment aucune vérité ; mais la plupart des hommes, à défaut de notions justes, se contentent de mots, et il en est à qui le besoin de relier et de coordonner les phénomènes fait adopter les mots, jusqu'à ce qu'enfin les phénomènes qu'ils désignent aient trouvé leur cadre naturel.

On a dit que toutes les sciences se développent dans trois périodes : la première serait celle de la simple perception, ou de la foi ; la deuxième, celle de la sophistique ; la troisième, celle de l'observation rationnelle. On considère l'alchimie comme la période religieuse de la science qui plus tard a reçu le nom de *chimie*.

Cette division est entièrement fausse quant aux sciences inductives. L'éclaircissement d'un phénomène

exige trois conditions : il faut d'abord étudier le phénomène sous toutes ses faces, puis déterminer dans quelles relations il se trouve avec d'autres phénomènes, et enfin, quand ces rapports sont établis, mesurer ces rapports, les formuler par des nombres (1). La science chimique embrasse tous les phénomènes du monde matériel qui sont déterminés par les mêmes causes; elle s'est développée dans trois périodes qui correspondent aux trois conditions nécessaires à la connaissance de chaque phénomène séparément.

Dans la première période, toutes les facultés de l'observateur se sont concentrées sur les propriétés des corps. C'est la période de l'alchimie.

Dans la seconde période, on a déterminé les relations qui existent entre ces différentes propriétés, et on les a rattachées les unes aux autres. C'est la période de la chimie phlogistique.

La troisième période, enfin, est celle où nous nous trouvons : nous précisons par les poids et les mesures les rapports de dépendance qui existent entre les propriétés des corps.

(1) On connaît depuis les temps les plus anciens l'effervescence du calcaire et de la potasse par les acides ; ce n'est qu'au XVIIe siècle qu'on s'aperçut que ce phénomène est dû au dégagement d'une espèce d'air, différent de l'air commun ; que cet air particulier se rencontre dans les eaux minérales, qu'il se produit dans la fermentation et dans la combustion du charbon ; que les animaux y sont asphyxiés, et que la flamme s'y éteint. Il se passa des siècles avant qu'on connût le *phénomène* de l'effervescence sous toutes ses faces. Cette connais-

Les sciences inductives commencent par la matière; puis arrivent les idées justes, et enfin, les mathématiques, avec leurs nombres, qui achèvent l'œuvre.

L'histoire politique des peuples présente également trois époques. Dans la première, les attributs de l'homme se développent en même temps que leurs contraires; la faiblesse est soumise à la force; la sagesse, l'intelligence sont révérées comme des attributs divins; les conditions générales de la vie sociale se résument dans des commandements commençant tous par les mots, « tu dois »; les hommes ont des devoirs, ils n'ont pas encore des droits. Dans l'époque suivante se développent tous les rapports de dépendance entre les différents attributs; la lutte entre les attributs contraires conduit aux lois; de la conscience du droit surgit la conscience du juste; les exigences collectives des droits semblables produisent les pouvoirs; la lutte entre les pouvoirs opposés engendre les révolutions. Une révolution est le prélude d'un nouvel équilibre. Dans

sance acquise, on découvrit que la causticité ou la non-causticité de la chaux et des alcalis *dépend* de l'absence ou de la présence de l'acide carbonique; que le durcissement du mortier à l'air est dû à une fixation d'acide carbonique; que le dégagement de l'acide carbonique, dans la fermentation du vin et de la bière, *dépend* de la décomposition du sucre, etc. Finalement on décomposa l'acide carbonique, on détermina sa composition, sa chaleur spécifique, sa chaleur latente, et l'on établit les proportions d'après lesquelles il se combine avec la chaux et les oxydes métalliques, ainsi que les rapports de *dépendance* de son état gazeux avec la chaleur et la pression.

la dernière époque, enfin, les rapports de dépendance entre tous les attributs, entre tous les droits, entre tous les pouvoirs, sont définitivement établis dans la société, de manière à assurer à chaque individu le libre et complet développement de ses facultés, sans porter préjudice à la liberté de son voisin. Alors les révolutions sont finies.

TRENTE-SEPTIÈME LETTRE.

Suite de l'histoire de la chimie.— Fausse direction des savants du moyen âge; influence de l'Église. — Progrès déterminé par d'importantes découvertes sur la terre et dans le ciel, par l'imprimerie et par une méthode d'investigation plus rationnelle. — Opinion d'Aristote sur l'origine et sur les propriétés des corps. Les quatre éléments.—Système médical de Galien. — Ses opinions sur l'efficacité des remèdes. Rapport entre ces opinions et la pierre philosophale. — Adoption de trois éléments nouveaux : le soufre, le mercure, le sel. Changement du sens primitif de ces mots. — Vertu médicamenteuse de la pierre philosophale. Introduction des produits chimiques dans la thérapeutique. — Paracelse. — Ressemblance entre les opinions des médecins modernes et celles de Galien et de Paracelse.

D'innombrables germes de la vie intellectuelle remplissent l'univers, mais ils ne trouvent un sol propice que dans de rares esprits, qui vivifient l'idée, venue on ne sait d'où, qui savent approfondir les secrets de la nature et les rendre compréhensibles pour tous.

Les conquêtes de l'esprit humain, les progrès de la science ne sont pas liés aux hauts faits des princes ou des guerriers puissants, mais aux noms immortels de Christophe Colomb, de Copernic, de Kepler, de Galilée, de Newton. L'Église, par l'empiétement du dogme sur toutes les branches du savoir, et une fausse philosophie, arrêtèrent pendant plus de mille ans, jusqu'au

XIVe siècle, le libre essor de la pensée humaine. La philosophie scolastique anéantit toute recherche du vrai par un système d'instruction assez semblable à celui des savants chinois, qui éprouvent un souverain plaisir à la lecture d'une page de noms dénués de sens. Semblables à un arbre qui, entravé dans sa croissance, se rabougrit et se contourne bizarrement, les facultés les plus nobles dépérirent alors et s'usèrent dans les efforts d'une dialectique subtile. Des hommes d'une réputation et d'un savoir incontestés écrivirent des volumes sur les orages, sur les pluies de sang, où il était question de tout, excepté de ces phénomènes. Les intelligences les plus distinguées s'occupèrent de questions et de recherches qui passeraient aujourd'hui pour des signes certains d'aliénation mentale. Ainsi, il y eut des discussions sur la question de savoir si Adam, tant qu'il avait été sans péché, avait aussi connu le *Liber sententiarum* de Pierre Lombard (mort évêque à Paris, en 1164). On écrivit des traités sur l'âge et le costume de l'ange qui avait apporté à la vierge Marie le message divin; on examina si l'on trouve aussi des excréments au paradis, si les anges parlent grec ou hébreu, combien de milliers d'anges peuvent tenir sur la pointe d'une aiguille sans être serrés, etc. Des savants en renom publièrent une foule d'écrits sur le don que possédaient les rois de France et d'Angleterre de guérir les goîtres par le simple attouchement; ils cherchèrent à démontrer si ce don merveilleux était inhérent au trône ou à la famille, car ils le comptaient parmi les

forces secrètes dont l'expérience avait suffisamment confirmé l'existence.

A l'époque de la philosophie scolastique, l'humanité manqua donc entièrement d'un guide expérimenté pour suivre le véritable sentier de la science. Elle apprécia trop peu et elle négligea même entièrement le trésor de connaissances légué par l'antiquité, qui fut ainsi perdu pour elle. Toutes les questions de physique furent alors résolues par des subtilités de dialectique.

En renonçant ainsi à l'expérience, qui, elle seule, donne le savoir, on bannit la véritable science. Faute d'exercer la pensée, on oublia la manière de poser exactement les questions relatives aux causes des phénomènes, et l'on désapprit à les observer, à en saisir les liens par l'expérience. Cet état intellectuel fait comprendre l'influence, sur les idées d'alors, de l'astrologie, de la cabale, de la chiromancie, de la croyance aux sorciers, aux loups-garous, aux magiciens, et il n'est pas étonnant que, plusieurs siècles après, on considérât encore les maladies comme des punitions du ciel, ou comme l'œuvre de Satan, et les prières, les amulettes, l'eau bénite, les reliques, comme les moyens de guérison les plus efficaces. Ces aberrations singulières se rencontrèrent même chez les classes lettrées, comme le prouve entre autres l'histoire de la dent d'or (1), qui fit tant de bruit en Allemagne, vers la fin du XVI[e] siècle.

(1) Cette dent miraculeuse s'était développée dans la mâchoire d'un enfant de dix ans, natif des environs de Schweidnitz en Silésie Jacques

Lorsque Christophe Colomb défendit son opinion sur la forme de la terre et sur la possibilité d'en faire le tour, devant le collége de Salamanque, composé des plus savants professeurs d'astronomie, de géographie, de mathématiques, et des dignitaires les plus éminents de l'Église, la majorité des assistants le prit pour un visionnaire ridicule, ou pour un aventurier digne de mépris.

Aucune discussion scientifique n'exerça plus d'influence sur le développement intellectuel de l'humanité.

Elle fut l'aurore d'un nouveau jour, le précurseur

Horst, médecin de la ville, ayant entendu raconter l'anecdote à Helmstaedt, où il était professeur (1595), écrivit sur elle un livre fort singulier, dans lequel, sans douter un seul instant de la véracité du fait, il range l'apparition de la dent au nombre des phénomènes surnaturels et la fait dépendre des constellations sous lesquelles l'enfant était né. En effet, le 22 décembre 1586, époque à laquelle cet enfant était venu au monde, le soleil se trouvait en conjonction avec Saturne dans le signe du Bélier. Cette cause surnaturelle, déterminant une augmentation de chaleur, accrut prodigieusement la force nutritive, de sorte qu'au lieu d'une substance osseuse, ce fut de l'or qui se trouva sécrété. Horst passe ensuite à l'examen des prédictions qu'on peut tirer du phénomène. De même que les éclipses de soleil et les tremblements de terre sont annoncés par des signes particuliers, de même on doit considérer cette dent comme l'indice d'un siècle d'or. L'Empereur chassera de l'Europe les Turcs, ces ennemis de la chrétienté, et alors on verra commencer le siècle d'or et un empire qui durera des milliers d'années. Pour prouver le fondement de cette prophétie, Horst cite le second chapitre de Daniel, dans lequel la tête d'or de la statue annonce la formation d'un grand État. Mais comme la dent d'or de l'enfant silésien était la dernière de sa rangée, la puissance de l'Em-

de la victoire qu'allait remporter la vérité sur la foi aveugle du temps. A cette époque, les preuves mathématiques perdirent leur valeur, quand elles semblaient contraires à certains passages de l'Écriture ou à certaines interprétations des Pères de l'Église. Comment la terre pourrait-elle être ronde, dit-on, puisqu'on lit dans les Psaumes que le ciel est tendu comme une peau ; et quand saint Pierre, dans sa lettre aux Hébreux, compare le ciel à un tabernacle ou à une tente déployée sur la terre, comment nier encore qu'elle soit plate ? Lactance ne s'est-il pas prononcé contre l'existence des

pereur s'anéantira aussi peu de temps avant l'arrivée du Christ ; et comme la dent se trouvait sur le côté gauche de la mâchoire inférieure, cette position indique que le siècle d'or sera précédé de grandes misères.

Deux autres praticiens, Martin Ruland le jeune, de Lavingen, alors médecin à Ratisbonne, d'où il se rendit ensuite à Prague, et Jean Ingolstetter, de Nuremberg, disputèrent non pas sur le fait, car tous deux paraissaient en être convaincus, mais sur la théorie et sur l'explication qu'on en pouvait donner. Le premier avait tenté de l'attribuer à des causes naturelles, mais Ingolstetter, autant qu'on en peut conclure d'après le titre de son ouvrage, voulut prouver que c'était un vrai miracle, un événement surnaturel.

Duncan Siddel, Écossais de naissance, publia une très bonne réfutation des chimères que Horst avait avancées. Balthazar Cammaeus avait déjà remarqué, vers la fin de l'année 1595, que depuis quelque temps le miraculeux enfant ne se laissait plus examiner la bouche par les savants, et devenait presque furieux lorsqu'on voulait l'y contraindre ; ce qui fit naître le soupçon que la célèbre dent était simplement recouverte d'or, et que ses racines n'étaient point formées du même métal. (Sprengel, *Histoire de la médecine*, t. III.)

antipodes. « Y aurait-il quelqu'un d'assez fou pour » croire qu'il y a des hommes dont les pieds sont placés » contre les nôtres, qui marchent les jambes en l'air et » la tête en bas; pour croire qu'il existe une contrée » où tous les objets sont sens dessus dessous, où les » branches des arbres poussent de haut en bas, où il » grêle, neige et pleut de bas en haut. »

Saint Augustin ne dit-il pas aussi que la doctrine des antipodes est entièrement incompatible avec les racines historiques de la foi chrétienne? « Car celui qui affirme » qu'il existe des pays habités de l'autre côté de la terre, » admet par cela même qu'il y a là des peuples ne des- » cendant point d'Adam, puisqu'il aurait été impossible » aux descendants d'Adam de traverser l'Océan pour y » arriver. Une semblable opinion détruirait toute la » véracité de la Bible, qui dit explicitement que tous les » hommes descendent des mêmes parents. »

Quelle prétention, pour un homme du commun, de vouloir faire une si grande découverte, quand la forme du monde a fait l'objet des méditations de tant de philosophes et de savants, quand tant de hardis marins y ont navigué depuis des milliers d'années! Ainsi dirent les adversaires du grand homme.

Deux ans après, Christophe Colomb revint des Indes. La terre était étroite et petite, elle était une sphère, il y avait décidément des pays habités de l'autre côté de l'hémisphère.

Non seulement la terre, le ciel aussi contredisait les

doctrines des plus hautes illustrations cléricales. Avec Copernic, en effet, la terre cessa d'être le centre du monde ; elle n'était plus seulement petite, étroite, sphérique, elle n'était aussi qu'un simple point dans un espace immense, une petite planète se mouvant autour du soleil.

Comme surpris par un tremblement de terre, le monde chrétien fut alors saisi d'une terreur inexprimable ; il sentit s'ébranler sous lui ce que l'habitude et la réflexion lui avaient fait prendre pour de plus ferme et de plus solide ; les découvertes de la science lui inspirèrent la peur et le doute. La terre n'était plus le centre de l'univers, la voûte du ciel avait perdu ses appuis, le trône de Dieu avait perdu sa base, il n'y avait plus ni haut ni bas. Tout l'édifice de la foi était brisé, anéanti ; la vérité était devenue l'erreur. Dans la première moitié du XVIe siècle, de nombreuses prophéties rattachèrent la découverte du nouveau monde à la destruction prochaine de l'ancien monde ; elles témoignent de l'agitation profonde que les nouvelles découvertes produisirent dans les esprits.

Après que Christophe Colomb eut pris à l'Océan ses terreurs et que Copernic eut enseigné la confiance dans la puissance de l'observation, qui n'admet d'autre autorité que celle de la raison, d'autres hommes éminents s'armèrent de courage pour aller explorer de nouvelles régions intellectuelles. Une impulsion puissante fut donnée dans toutes les parties de la science, et, semblable au cœur qui imprime au sang tous les mouve-

ments du corps humain, l'invention de l'imprimerie par Gutenberg (1) vint répandre une vie bienfaisante dans le nouvel organisme intellectuel.

Au XVe siècle, après l'établissement des nombreuses universités en Europe (2), après la conquête de Constantinople par les Turcs (3), et la propagation de la science grecque en Occident, l'attention des savants se porta enfin sur les trésors intellectuels laissés par les Grecs et les Romains. Ils s'inspirèrent de ces modèles inimitables, ils s'éclairèrent de leur lumière vivifiante, et bientôt ils brisèrent les chaînes de la scolastique qui avaient tenu leur esprit emprisonné. Ils reconnurent alors dans la nature une source inépuisable de connaissances pures, qui leur apparurent comme une nouvelle Atlantide noyée dans la mer de l'ignorance.

Vers la même époque surgit un champion vigoureux pour la défense de la pureté de la foi. Luther dépeint fort bien cet engouement pour les sciences physiques qui s'empara des esprits au temps de la réforme. « Nous sommes maintenant, dit-il, dans l'aurore de la vie future, car nous allons de nouveau acquérir la con-

(1) Gutenberg inventa l'imprimerie l'année même de la naissance de Christophe Colomb (1436).

(2) 1300, Oxford; 1347, Prague; 1384, Vienne; 1385, Heidelberg; 1388, Cologne; 1392, Erfurth; 1401, Cracovie; 1406, Wursburg; 1409, Leipzig.

(3) 1453.

naissance des choses créées que nous avions perdue par la chute d'Adam. Nous envisageons la créature plus hardiment que jamais sous le régime de la papauté. Mais Erasme ne s'en soucie pas; il s'inquiète peu de savoir comment le fruit se prépare et se façonne dans le ventre de la mère. Nous autres, grâces en soient rendues, nous commençons aussi à comprendre, dans la simple fleur, les merveilles du Créateur, quand nous pensons à sa toute-puissance, à sa bonté suprême. »

La nature mit en œuvre des forces extraordinaires, pour assurer le triomphe de la raison, au commencement de cette lutte des nations européennes contre la tyrannie des prêtres et des princes, de cette lutte de la vérité contre la superstition et l'erreur. Une foule des plus grands hommes se suivirent, sans interruption, jusqu'à ce que le grand œuvre fût accompli et que le succès fût assuré. Kepler naquit cent ans après Copernic; Newton vint au monde l'année même de la mort de Galilée.

L'Église au moyen âge avait établi une espèce de science universelle, qu'elle avait consolidée de toute l'autorité de la foi religieuse. Toute erreur contraire à cette science était un vice, toute opposition aux doctrines théologiques, une hérésie niant les révélations du ciel; la torture et le bûcher attendaient le libre penseur.

L'Église prit naturellement ombrage de la diffusion des sciences physiques. Une caste ignorante et jalouse y vit le plus grand danger pour son pouvoir; car, à

mesure que se dévoilèrent les lois des phénomènes, les causes surnaturelles durent aussi disparaître à l'aide desquelles les prêtres dominaient les esprits.

Cent ans après Luther, Galilée fut contraint par l'Église de nier le mouvement de la terre. Il abjura son hérésie dans la prison de l'inquisition, à genoux et en chemise. Le fameux *e pur si muove* qu'il murmura en se levant, démontre bien la puissance irrésistible du fait établi. On ne saurait lire sans émotion la lettre célèbre qu'il écrivit, à ce propos, à la grande-duchesse douairière Christine; elle ne réussit cependant pas à convaincre ses adversaires. Toutes ces entraves, d'ailleurs, ne purent arrêter l'essor des sciences, pas plus que, dans le siècle suivant, la guerre de trente ans ne put s'opposer aux progrès des nouvelles idées religieuses; car l'erreur passe, tandis que la vérité est éternelle. L'erreur n'est que l'ombre projetée par la vérité, quand la marche de ses rayons est arrêtée dans leur passage à travers l'esprit épais et opaque de l'homme.

La chimie aussi marcha vers une révolution dans ce temps remarquable : elle se confondit avec la médecine et prit ainsi une direction nouvelle, entièrement différente.

L'alchimie avait forgé les armes avec lesquelles la chimie allait conquérir un nouveau terrain dans la médecine, et mettre fin à la domination séculaire du système de Galien.

La médecine subit une grande et salutaire révolution, quand, renonçant enfin à la foi dans l'autorité, elle reconnut l'insuffisance et les erreurs des théories qui avaient eu cours jusqu'alors sur la nature et les propriétés des corps. La nouvelle lumière fut une acquisition des alchimistes ; ce fut elle qui transforma complétement la doctrine des philosophes anciens sur les causes des phénomènes.

De tout temps, l'homme a toujours cherché à se rendre compte de l'origine et des propriétés des choses. Le procédé le plus court semble être celui des mathématiciens qui étudient sans moyens extérieurs les lois des figures mathématiques. C'est là précisément la voie qu'avaient choisie les philosophes grecs pour arriver à la connaissance des lois de la nature. Considérant les propriétés si variées des corps comme des choses en elles-mêmes, ils avaient cherché à relier leurs observations par le raisonnement, et à déterminer ainsi les propriétés communes à tous les corps.

La génération et les propriétés de toutes choses supposent, selon Aristote, trois espèces d'agents fondamentaux. La première produit la matière sans propriétés (ὕλη) ; la seconde communique à la matière les caractères de la forme (εἶδος) ; la troisième comprend les causes (ou les forces, dans le sens des mots, force médicamenteuse, force de nutrition) qui altèrent la matière et la privent de ses propriétés (στέρησις, privation). Ce qui précède le changement de propriétés dans la

matière, c'est la cause (το ποιοῦν, l'agent) ; ce qui suit ce changement, c'est l'effet (τελος, le but).

D'après cela, les propriétés des choses matérielles seraient donc semblables aux couleurs que le peintre fixe sur la toile pour en faire un tableau, ou aux habits qui donnent la forme à l'homme, et qu'on peut mettre et retirer. Cette idée a été la base de l'alchimie et du premier système médical.

Il serait difficile, sans autre moyen de perception que les sens, de distinguer plus de quatre propriétés appartenant à tous les corps.

Les corps présentent à l'œil et au goût une infinité de variétés : il y en a d'incolores et de colorés, de sapides et d'insipides, d'odorants et d'inodores. Mais tous les corps sont humides ou secs, chauds ou froids. Tout ce qui est tangible possède deux d'entre ces propriétés. Un corps est ou solide ou liquide, il possède une certaine température. Ces propriétés, dit Aristote, sont évidemment opposées, car le froid peut être neutralisé par le chaud, le sec peut être détruit par l'humide. Les corps deviennent solides par l'action simultanée de deux propriétés non contraires, comme le sec et le froid ; ils deviennent liquides ou aériformes par l'humide ou le chaud. On conçoit ainsi les rapports qui existent entre ces différentes propriétés ; non seulement ces propriétés fondamentales déterminent la nature froide ou chaude, mais aussi la densité ou la légèreté : le froid est la cause de la densité, car il rapproche les

parties matérielles ; la légèreté est produite par la chaleur. Toutes les autres propriétés sont dans un rapport défini avec les quatre propriétés fondamentales, car la couleur, l'odeur, la saveur, l'éclat, la dureté des corps, etc., éprouvent un changement par une addition ou par une soustraction d'humidité, de chaleur, de sécheresse ou de froid.

Il est clair, dit Aristote, que toutes les propriétés qu'on peut percevoir dans les corps matériels sont sous la dépendance de ces quatre propriétés fondamentales; car, à mesure que celles-ci varient, toutes les autres propriétés changent en même temps : il est donc évident que ces autres propriétés sont déterminées par les quatre propriétés fondamentales ou élémentaires. On ne saurait contester la justesse de cette abstraction, en tant qu'elle s'applique aux propriétés qu'on constate dans les corps par la simple perception. La différence qui existe entre cette opinion et nos idées d'aujourd'hui consiste en ce que nous attribuons à deux causes contraires, au lieu de quatre, l'état liquide, solide et gazeux, ainsi que la température. On admet encore, de nos jours, que toutes les propriétés physiques des corps dépendent, dans une certaine mesure, de la force de cohésion et du calorique.

Entre quatre choses, dit Aristote, six combinaisons deux à deux, six couples sont possibles. Mais quand deux propriétés contraires s'accouplent, comme le froid et le chaud, l'humide et le sec, elles s'annulent réciproquement, et le couple ne peut pas être perçu par

les sens. Il ne reste donc que quatre combinaisons qui s'accordent avec les quatre corps dont se compose le globe. La terre, comme représentant du solide, est froide et sèche; l'eau est froide et humide; l'air est humide et chaud; le feu est chaud et sec. C'est donc par ces couples que se produisent les quatre éléments matériels : ces quatre éléments donnent naissance à tous les autres corps, ils sont contenus dans tous. Les différences entre les propriétés des autres corps dépendent uniquement du rapport suivant lequel les quatre éléments sont réunis : l'élément prédominant communique au corps ses propriétés.

Comme le fait voir la figure suivante, deux corps élémentaires partagent toujours une des propriétés fondamentales :

Sec et chaud.
Feu.

Sec et froid. **Terre**. ———— | ———— **Air**. Chaud et humide.

Eau.
Humide et froid.

Il est évident, d'après cela, que lorsqu'on enlève au corps aériforme, par le froid, la propriété fondamentale du chaud, l'air peut être converti en eau; que, de

même, l'eau peut être transformée en air par le chaud, en terre par le sec.

Suivant Aristote, le feu implique l'idée de clarté et de sensation; l'eau et l'air, celle de transparence; la terre, celle d'opacité. Les couleurs se produisent par le mélange du feu et de la terre. La transparence du cristal de roche provient de l'eau. (On dit encore aujourd'hui : un diamant d'une belle eau.) Mais l'eau est aussi une partie essentielle des yeux, comme l'air est la base de l'ouïe; l'air et l'eau, celle de l'odorat; la terre, celle du toucher. La saveur est déterminée par l'humidité : plus les parties sapides adhèrent à la langue, plus le corps est amer; plus elles se dissolvent, plus le corps est salé. Mais quand les parties sapides sont échauffées et échauffent par cela même les parties de la bouche, il se produit la saveur âcre; lorsqu'elles entrent en fermentation et développent des bulles, la saveur est acide.

Dans tous les cas, les propriétés physiques, exactement perçues, des choses agissant sur les sens sont considérées comme les causes ou les conditions des phénomènes. L'effet perçu est donc envisagé comme la cause même de l'effet. On explique donc le phénomène en décrivant simplement ses caractères.

Ces doctrines de la philosophie grecque servirent à Galien pour édifier les bases du premier système théorique de médecine.

Suivant Galien, toutes les parties du corps organisé naissent du mélange, en proportions variables, des

quatre propriétés élémentaires. Dans le sang, elles sont uniformément mêlées; dans le mucus, c'est l'eau qui prédomine; dans la bile jaune, le feu; dans la bile noire, la terre. Les quatre tempéraments reposent sur la prédominance de ces quatre sucs cardinaux.

La santé est un état d'équilibre, déterminé par une qualité appropriée des parties homogènes (des organes), et par un juste mélange des éléments. Ces rapports sont troublés dans l'état de maladie: la maladie est un état contre nature de la forme ou du mélange.

Par l'effet d'une disproportion des propriétés élémentaires, les humeurs se trouvent dans un état d'échauffement, de refroidissement, d'humidité ou de sécheresse. Quand le mouvement des humeurs est arrêté et que la transpiration est troublée, les humeurs se corrompent et les différentes fièvres se produisent. La chaleur contre nature, propre à la fièvre, est une conséquence de cette putréfaction. La fièvre quotidienne, tierce ou continue, résulte de la putréfaction du mucus, de la bile jaune ou de la bile noire.

Quant à la vertu des médicaments, Galien l'attribue à leurs propriétés fondamentales : ils sont, selon lui, chauds ou froids, humides ou secs. Un remède, suivant les proportions de la propriété fondamentale du chaud, peut échauffer insensiblement, ou d'une manière sensible, peu ou beaucoup : chaque qualité possède quatre semblables degrés d'action. Les substances d'une saveur mordicante sont des médicaments chauds; celles d'une saveur fraîche sont des médicaments froids.

La guérison, le rétablissement de la santé repose, suivant Galien, sur la restitution de la qualité manquante ou sur la privation d'une qualité dominante.

Dans ce système logique, toutes les maladies et l'efficacité de tous les remèdes sont ramenés à un très petit nombre de causes. Les maladies, comme les médicaments, se rangent en un certain nombre de rayons; quand on a reconnu la place occupée par une maladie, le médecin trouve, dans le rayon opposé, les moyens propres à opérer la guérison. Il sait d'où vient la maladie, il sait pourquoi le remède guérit.

La méthode expérimentale, qui avait conduit Hippocrate à une riche moisson d'observations et à une admirable diététique, fut ainsi remplacée par une théorie qui relia les faits, qui les coordonna et en donna l'explication. L'art du médecin de Cos pouvait s'apprendre par imitation; le nouveau système se prêtait infiniment mieux à l'enseignement et facilitait l'étude.

Les philosophes grecs, comme Galien, n'avaient aucune notion des propriétés particulières qui se manifestent par le contact des corps hétérogènes.

L'idée fondamentale du système de Galien est, comme on le voit, la même que celle qui servait de guide aux alchimistes : c'est l'idée de la transmutabilité des corps élémentaires par l'addition ou par la soustraction de qualités élémentaires. En effet, suivant les alchimistes, l'éclat, la couleur, la fixité au feu, la volatilité, peuvent être enlevés et remplacés, augmentés ou diminués.

L'or est le métal le plus parfait, on ne peut lui ajouter aucune propriété : il les possède toutes; il représente, parmi les métaux, l'homme à l'état de santé. « Amenez-moi, s'écrie Geber, les six lépreux (l'argent, le mercure, le cuivre, le fer, le plomb et l'étain), pour que je les guérisse ! » Le laiton est de l'or malade, le mercure est de l'argent malade; par le moyen de la troisième espèce (p. 276), on peut les convertir en or, c'est-à-dire les guérir.

La génération de l'or est assimilée à la génération des animaux ou des plantes. Raimond Lulle compare la préparation de la pierre philosophale avec la digestion, la production du sang et la sécrétion des humeurs.

Les alchimistes avaient su distinguer certaines particularités, dans les propriétés des corps, qui étaient inconnues des philosophes grecs, ou dont ceux-ci n'avaient tenu aucun compte. Ainsi vinrent s'ajouter aux éléments d'Aristote trois nouveaux éléments dont l'existence n'était plus douteuse. Aux quatre causes des propriétés physiques, on joignit trois causes fondamentales des propriétés chimiques les plus générales : le mercure, le soufre et le sel.

On considéra donc le soufre et le mercure ordinaires comme les parties constituantes de tous les métaux, et, en cela, on ne fit que se conformer à l'esprit des temps les plus anciens, où l'on attribuait à des esprits invisibles les activités qui ne se pouvaient pas percevoir par les sens, et à des êtres tangibles les propriétés perçues par les sens. On attribua ainsi certaines propriétés

au soufre et au mercure, comme plus tard on attribua la causticité de la chaux et des alcalis à un principe caustique, l'odeur particulière de certains corps à l'esprit recteur, l'acidité des acides à un acide primordial.

Il faut considérer que le langage vulgaire évite les notions abstraites, et il était donc fort naturel qu'au commencement des investigations scientifiques, on dérivât les propriétés des corps de certains êtres matériels. Lavoisier lui-même ne pouvait pas renoncer à l'idée d'un acide primitif : il prit l'oxygène pour le générateur de cet acide primitif, et, longtemps après lui, beaucoup de chimistes envisagèrent l'hydrogène comme déterminant les propriétés particulières des acides.

Peu à peu, cependant, le soufre et le mercure réels furent remplacés, dans l'esprit des alchimistes, par un soufre idéal, un mercure idéal, qui étaient censés réunir un ensemble de propriétés. Plus tard, ces substances idéales devinrent elles-mêmes des qualités élémentaires.

On distinguait donc les mercures, les soufres, les sels. La classe des mercures comprenait les corps qui pouvaient se volatiliser au feu sans perdre leurs autres caractères, qui se sublimaient comme l'arsenic, ou se distillaient comme le mercure. La classe des soufres était volatile au feu, et altérable comme le soufre. Enfin la troisième classe, altérable et fixe, comprenait les sels de cendres. Comme nous venons de le dire, les mots soufre, mercure (arsenic) et sel, devinrent finalement des abstractions, des éléments simples dans le

sens des quatre éléments d'Aristote. De même que nous parlons de la forme d'une pensée, sans nous représenter par là une forme matérielle, de même on exprimait autrefois les concepts par des objets matériels, sans désigner autre chose que des propriétés.

Les noms de ces objets devinrent, pour certaines propriétés, des noms collectifs que nous employons encore aujourd'hui, avec la différence cependant que nous y ajoutons le mot force (par exemple, force catalytique) pour indiquer la nature immatérielle des êtres que nous voulons ainsi désigner.

Basile Valentin s'exprime ainsi, en parlant de l'alcool : « Quand on enflamme une eau-de-vie rectifiée, le mercure et le soufre se séparent, le soufre brûle très vivement, car il est tout feu, et le mercure subtil se répand dans l'air pour rentrer dans son chaos. » L'alcool était un mercure végétal contenant du soufre, ce qui veut dire qu'il était inflammable et volatil.

Le sens de l'idée primitive se perdit lorsqu'on confondit par la suite les notions de l'inflammabilité (soufre), de la fixité (sel), ou de la volatilité (mercure) avec certaines propriétés des corps inflammables, fixes ou volatils, soumis aux expériences. De là les expressions : mercure huileux, gras, terreux; soufre huileux, gras, terreux, très inflammable ou difficilement inflammable; sel terreux, fusible, vitreux; terre combustible, grasse, huileuse, mercurielle, etc. Pour avoir reçu trop d'extension, l'idée n'exprima donc plus la chose observée, et quand Boyle s'enquit du soufre, du

mercure et du sel des alchimistes, ces éléments n'existaient plus : l'idée était usée. Longtemps après, on désignait par le mot *sulfureux* les propriétés asphyxiantes d'un gaz ; par le mot *calcination* (transformation en chaux), la combustion d'une substance fixe au feu ; mais ces mots désignaient alors certaines propriétés du soufre brûlant, ou du calcaire.

Il en est de même de notre langage d'aujourd'hui. Il n'est plus possible de donner, d'un acide ou d'un sel, une définition comprenant tous les corps désignés sous ces noms. Ainsi, nous avons des acides qui sont sans saveur, qui ne rougissent pas le tournesol, et ne neutralisent pas les alcalis ; nous en avons qui renferment de l'oxygène sans hydrogène, et d'autres qui contiennent de l'hydrogène, mais point d'oxygène. Le sens du mot sel a même tellement été changé, que le sel marin, ce sel des sels, qui a donné son nom à tous les autres, a fini par être exclu de la classe des sels proprement dits.

On voit par là comment une notion simple et définie perd de sa précision quand d'autres notions viennent s'y confondre. Au lieu de la notion usée, nous trouvons, dès que nous nous mettons à distinguer, un certain nombre de notions nouvelles mieux définies. La notion primitive peut même se perdre jusqu'au nom, et il est fort possible qu'on ne trouve plus un jour ni acides ni sels, de même qu'on ne trouva plus ni soufre ni mercure, dès qu'on n'en eut plus besoin ; tout le monde

d'abord en admit l'existence, mais on ne les chercha réellement que quand ils étaient déjà devenus inutiles.

Les éléments chimiques ne pouvaient pas s'isoler, on le conçoit, car ils ne désignaient que des propriétés. Aussi personne ne songeait à les obtenir; on les considérait comme les parties constituantes de tous les corps.

On ne distinguait pas les corps organiques des substances minérales; on attribuait leur nature différente aux proportions différentes des éléments. On plaçait le vinaigre dans la même classe que les acides minéraux, l'alcool ou esprit-de-vin dans la même classe que le bichlorure d'étain ou esprit de Libavius, le chlorure ou beurre d'antimoine dans la même classe que le beurre de vache.

Au temps de Geber, l'action chimique fut assimilée à une action organique; au XIIIe siècle, l'idée surgit que le phénomène de la vie était analogue à l'action chimique. Dans les tout premiers temps, on crut que les métaux se développaient par des semences, comme les plantes: plus tard, on admit que les actions chimiques produisaient la semence.

Les anciens envisagèrent la fermentation et la putréfaction comme la cause de la production des plantes et des animaux, tandis qu'aujourd'hui quelques physiologistes et pathologistes considèrent, au contraire, la production et le développement de certains végétaux ou animalcules comme la cause de la fermentation et de la putréfaction.

Les phénomènes physiques ne peuvent être rendus sensibles qu'à l'aide d'images ou de notions empruntées à la science même de la nature. Aussi s'explique-t-on aisément l'introduction des termes alchimiques, dans le langage vulgaire où ils désignent les choses communes de la vie, si l'on songe que depuis le XIIIe jusqu'au XVe siècle, tout ce qu'on savait de la nature et de ses forces se réduisait à l'alchimie, à la magie et à l'astrologie. Les phénomènes organiques, la vie elle-même, la mort, la résurrection, semblèrent plus intelligibles dans le langage de l'alchimie, c'est-à-dire de la science d'alors.

« Nous, pauvres hommes, dit Basile Valentin (1), nous sommes salés par la mort, que nous avons bien méritée, et nous restons dans la terre jusqu'à ce que, pourris par le temps, nous soyons enfin éveillés par la chaleur et le feu célestes, pour ressusciter au ciel, pour être purifiés par la sublimation, qui fait le départ de tous les excréments, péchés, et impuretés. »

Luther fait l'éloge de l'alchimie dans sa *Canonica*. « A cause, dit-il, des belles et délicieuses images sur la résurrection des morts; car, de même que le feu extrait la meilleure partie de chaque matière et fait le départ du mal, de même qu'il élève l'esprit au-dessus du corps et qu'il en détache la matière morte, ainsi Dieu, au jugement dernier séparera, par le feu, les impies des fidèles et des justes; les justes seront alors

(1) H. Kopp, *Histoire de la chimie*, t. II, p. 236.

enlevés au ciel, les impurs resteront dans l'enfer. »

Ce n'est qu'au XIIIe siècle que prit naissance l'idée de la vertu curative et rajeunissante de la pierre philosophale. Elle fut la conséquence de l'opinion qu'on avait sur la nature chimique du phénomène de la vie. A l'aide de la pierre philosophale, on pouvait guérir les métaux de leurs maladies, les mettre en état de santé, les transformer en or. On dut nécessairement, après cela, lui supposer une action semblable sur le corps de l'homme. Arnold de Villeneuve, Raimond Lulle, Isaac Hollandus, prouvèrent à l'envi les vertus médicamenteuses de la pierre philosophale. Hollandus dit dans son *Opus Saturnis :* « Qu'on en mette dans du vin, gros comme un grain de blé, et qu'on le fasse boire au malade, l'effet pénétrera au cœur et se répandra dans toutes les humeurs. Le malade transpirera, mais sans s'affaiblir ; il deviendra au contraire plus vaillant et plus gai. Qu'on répète cette dose tous les neuf jours, et il semblera au patient n'être plus un homme, mais un esprit. Il croira être neuf jours en paradis et s'y nourrir de ses fruits. » Salomon Trismosin prétend s'être rajeuni, à un âge très avancé, moyennant un grain de pierre philosophale ; sa peau jaune et ridée serait devenue lisse et blanche, ses joues auraient pris un beau teint rose, ses cheveux gris seraient devenus noirs, son dos courbé se serait redressé. Il aurait aussi, à l'aide de la pierre philosophale, rendu toute la jeunesse à des femmes de quatre-vingt-dix ans.

Cette vertu médicamenteuse une fois admise, on fut

naturellement conduit à employer des préparations chimiques en médecine. C'est alors que commença une nouvelle ère pour la chimie.

En effet, la pierre philosophale ayant, au même degré, la vertu d'ennoblir les métaux communs et de guérir les maladies, le corps malade était bien plus commode pour la recherche des conditions dans lesquelles la *materia prima* s'élabore et s'ennoblit; car la qualité des préparations chimiques pouvait s'éprouver, sous ce rapport, par le nombre des maladies qu'elles étaient susceptibles de guérir. Plus une préparation guérissait de maladies, plus ses propriétés la rapprochaient de la pierre philosophale. La véritable pierre devait guérir toutes les maladies.

La thérapeutique de Galien ne contenait pas des médicaments chimiques, mais elle ne comprenait que des substances organiques; le musc, la rhubarbe, le castoréum, le camphre, le tamarin, le gingembre, la racine de zédoaire, et d'autres substances semblables composaient les principaux médicaments. Tout l'art du pharmacien consistait à en faire des sirops et des électuaires; les herbes, les écorces et les racines s'administraient sous forme de poudres et de décoctions.

Sur l'autorité de Galien, toutes les préparations métalliques étaient, jusqu'alors, exclues de la thérapeutique. Les préparations mercurielles étaient considérées comme des poisons absolus. Avicenne, il est vrai, avait attribué à l'or et à l'argent la propriété de purifier le sang; toutefois, ces métaux n'étaient ordinairement

employés que pour recouvrir les pilules, et encore, au commencement du XV[e] siècle, l'usage externe de l'onguent mercuriel éprouva la plus vive opposition.

Si l'on considère que les opinions de Galien sur les causes des maladies et sur l'efficacité des médicaments avaient passé, pendant treize siècles, pour des vérités incontestables, qu'elles avaient acquis toute l'autorité d'articles de foi, on comprend l'impression que dut faire sur les médecins, au XVI[e] siècle, la découverte des effets merveilleux des préparations à base de mercure, d'antimoine et d'autres métaux. Tout un champ nouveau fut ouvert aux investigations par les idées des alchimistes, par l'emploi des médicaments chimiques.

On reconnut dans le sang une propriété que présentaient les alcalis; dans le suc gastrique, une propriété que possédaient les acides. Cette opposition de caractères parut correspondre aux contraires des qualités de Galien.

En mettant les acides en contact avec des alcalis, on vit se produire de nouveaux corps, ni acides, ni alcalins, mais doués de propriétés toutes nouvelles. On constata dans les alcalis non caustiques la propriété de faire effervescence avec les acides, et l'on crut ainsi avoir l'explication de toutes les fermentations. On observa un dégagement de chaleur par le mélange des acides avec les alcalis, sans qu'on vît s'opérer de véritable combustion : le dégagement de chaleur dans la respiration trouva ainsi son interprétation.

Comment, après toutes ces observations, pouvait-on ajouter foi à la théorie de Galien? comment pouvait-on encore y croire quand on avait la preuve de la fausseté de ses opinions sur les métaux et les préparations métalliques, quand on avait découvert que les phénomènes organiques et les effets des médicaments reposaient sur des causes fondamentales inconnues de Galien? On sentait qu'il fallait, dans l'explication des fonctions physiologiques, tenir compte non seulement des causes fondamentales qui déterminent les propriétés physiques, mais encore de certains éléments auxquels sont dues les propriétés chimiques. Les phénomènes vitaux et les effets des médicaments dépendaient non seulement des proportions de l'humide et du sec, du chaud et du froid, mais encore des proportions du sel, du mercure, du soufre, de l'alcali et de l'acide. Ces notions nouvelles durent entièrement transformer la médecine.

D'après la nouvelle théorie, la santé était la conséquence de l'état normal des qualités chimiques des humeurs ; dans tout autre état, contraire à cet état normal, les qualités chimiques devenaient les causes prochaines des maladies ; on pouvait donc arrêter les maladies, les guérir par les qualités chimiques prédominantes des médicaments. D'après cela, il fallait, dans le choix des moyens de guérison, tenir principalement compte de la nature chimique de la bile, de la salive, de la sueur, de l'urine. C'était là un progrès immense. On avait fait la découverte importante que la nature de l'urine dépendait des maladies à certains égards, et, comme dans

cette période de la science, tous les effets étaient pris pour les causes elles-mêmes, on considérait les sédiments de l'urine (le tartre) comme les causes de beaucoup de maladies.

Les idées de ce temps eurent particulièrement pour défenseur Paracelse. Quelques années après que Luther eut brûlé la bulle du pape, Paracelse suivit son exemple et livra aux flammes, à Bâle, les œuvres de Galien et d'Avicenne. Ce fut la fin des anciennes doctrines.

Selon Paracelse, on avait jusqu'alors déserté la nature pour s'adonner à des rêves creux; il renvoyait donc au livre ouvert de la nature écrit de la main même de Dieu. Le soleil, dit-il, et non une pauvre lampe de cabinet, donne la vraie lumière; les yeux qui se délectent à l'expérience sont les véritables professeurs; le fatras des livres et les élucubrations de l'esprit humain ont produit la confusion et le charlatanisme. Voici comment il débute dans son *paragranum :* « Suivez-moi, je ne viendrai pas à vous, Avicenne, Rhasès, Galien, Mesur! Suivez-moi, vous, de Paris, de Montpellier, de Misnie, de Cologne, de Vienne, vous, habitants des bords du Danube, du Rhin, ou des îles de la mer, Italiens, Grecs, Arabes, Israélites, suivez-moi, l'empire m'appartient. »

Les écrits de Paracelse reflètent toutes les idées, toutes les erreurs de son temps. On y voit une puissance gigantesque en lutte contre des entraves extérieures. Paracelse a l'instinct, mais non la conscience de la

bonne voie; il la cherche en vain dans le désert qui l'entoure; de là ses contradictions, son incohérence. Mais sa parole donne l'impulsion à tout un siècle: « le véritable but de la chimie, dit-il, n'est pas de faire de l'or, mais de préparer des médicaments. » Paracelse arracha la chimie des mains des faiseurs d'or, pour la mettre au service des médecins, qui avaient bien plus d'instruction. Lui et ses successeurs préparèrent eux-mêmes leurs médicaments, et, depuis lors, la connaissance des principes et des opérations chimiques fut considérée comme essentielle au médecin. On continua encore, pendant le XVI[e] et le XVII[e] siècle, à se disputer sur la réalité de certaines qualités mystérieuses, jusqu'à ce qu'enfin des expériences plus étendues conduisissent à cette vérité importante, que la matière est inséparable de ses propriétés.

On croyait, longtemps encore après Paracelse, que les opérations chimiques produisent sur les médicaments le même effet que la digestion sur les aliments d'où naît le sang. Trois sublimations du sublimé corrosif avec le mercure métallique donnaient le mercure doux ; neuf sublimations donnaient la panacée mercurielle.

Les causes fondamentales spiritualisantes qui, selon Platon, déterminent les activités vitales, sont représentées, chez les disciples de Paracelse, par l'archée, qui a son siége dans l'estomac et qui, douée de toutes les passions de l'homme, régit la digestion, les phénomènes du mouvement et les manifestations de l'âme.

Les médecins modernes ont un profond mépris pour les théories de Paracelse et de ses successeurs ; ils les prennent en pitié comme des aberrations de l'esprit, qui n'ont pas plus de valeur que les idées des alchimistes sur la transmutation des métaux. Qu'on compare cependant ces théories avec les théories actuelles sur les causes des maladies et sur les méthodes curatives, et l'on se sentira profondément humilié à la vue des erreurs et des contradictions qui abondent dans ces dernières. En effet, les idées de Galien et de Paracelse dominent encore dans l'esprit de la plupart des médecins : sauf les expressions, les mêmes opinions se sont conservées. L'archée du XVI[e] siècle est devenue, au XVIII[e] et au commencement du XIX[e] siècle, la force vitale des philosophes de la nature, et aujourd'hui encore elle continue de figurer dans les théories de médecine sous le nom de force nerveuse, comme une espèce d'agent universel. On ne saurait se faire illusion sur l'état de la théorie médicale, si l'on songe que de nos jours, où les vrais principes de l'investigation scientifique semblent cependant répandre de vives lumières, certaines doctrines ont pu être émises que nos descendants trouveront certainement incroyables.

Comment admettre que la plupart des hommes instruits de notre époque soient plus éclairés, sur les phénomènes et les forces de la nature, que les médecins chimistes du XVI[e] siècle, quand on voit tant de médecins, sortant de nos écoles, professer des principes contraires à toute expérience et même à tout bon

sens; quand on les voit attribuer les effets des médicaments à certaines forces ou qualités que le frottement ou l'agitation pourrait mettre en mouvement, renforcer ou communiquer à d'autres substances inertes; quand on voit, enfin, ces mêmes médecins nier l'universalité des lois de la nature, en leur supposant des exceptions en faveur des médicaments, de telle sorte que leurs effets seraient d'autant plus considérables qu'ils seraient plus divisés et qu'ils renfermeraient moins de matière active? Vraiment, en présence de semblables théories, on est disposé à considérer la médecine comme la plus arriérée des sciences naturelles.

De même que certains agriculteurs attendent leur salut d'une nouvelle charrue, d'un nouvel engrais ou d'une nouvelle méthode de culture, bien que ces moyens ne fassent que les ruiner plus tôt, s'ils n'y joignent en même temps la connaissance des vrais principes d'agriculture, de même la plupart des médecins ne voient les progrès de la science que dans le perfectionnement de la partie technique de la médecine. Pour ces médecins, un nouveau médicament, un nouveau traitement, ne sont pas de simples moyens d'écarter un obstacle donné, mais des stimulants, semblables au fouet qui ferait avancer le cheval arrêté par un obstacle; et, quand parfois la nature s'aide elle-même, ils veulent nous faire accroire que ce fouet a été le moyen de guérison. Toutes ces inventions sont utiles, peut-être même nécessaires, mais elles ne font que lever les difficultés du moment. Elles sont comme un pont fragile sur

lequel on se jette au moment du péril, et qu'on laisse s'écrouler après s'être sauvé, au lieu d'y placer des appuis solides, pour ceux qui veulent plus tard le traverser.

Les matériaux abondent dans la science, si bien que l'on découvre à peine les fondements sur lesquels l'édifice doit reposer, mais les architectes ne s'entendent pas : l'un le voudrait en bois, l'autre en bois et en pierre, le troisième en pierre et en fer. Ils finiraient encore par se mettre d'accord, sans les manœuvres qui voudraient bâtir en l'air et avec de la paille seulement. Et voilà pourquoi depuis deux mille ans les fondements ne sont pas encore achevés.

FIN.

ERRATA A CORRIGER

DANS LES PREMIÈRES LETTRES.

LETTRE I.

Pag. 7, lig. 19, *lisez :* égal à la somme des carrés des deux autres côtés.

Pag. 8, lig. 27, *lisez :* immortel le nom de Torricelli.

LETTRE III.

Pag. 36, lig. 26, *lisez :* ne s'échappe pas du feu.

LETTRE XXII.

Pag. 234, lig. 15, *lisez :* l'origine des parties constituantes des animaux et des plantes.
